808

Reynolds

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ-কর্তৃক নির্ধারিত নূতন পাঠ্যক্রম অনুসারে লিখিত

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

[প্রথম খণ্ড] দ্বিতীয় খণ্ড

[একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণীর জন্য]

[নূতন সিলেবাস অনুযায়ী]

শান্তিশেখর সিন্‌হা, এম. এস-সি.

অধ্যাপক, সিটি কলেজ, কলিকাতা।

ও

গৌরগোবিন্দ বিশ্বাস, এম. এস-সি., পি-এইচ্. ডি.

অধ্যাপক, সিটি কলেজ, কলিকাতা ; পার্ট টাইম শিক্ষক, হাওড়া বিবেকানন্দ ইনস্টিটিউশন ; প্রাক্তন অধ্যাপক, দীনবন্ধু এ্যাণ্ড্রুজ কলেজ, গড়িয়া, সুরেন্দ্রনাথ কলেজ (সান্ধ্য), কলিকাতা ; প্রাক্তন শিক্ষক, উল্টাডাঙ্গা ইউনাইটেড হাইস্কুল, কলিকাতা, মহিয়াড়ি কুণ্ড চৌধুরী ইনস্টিটিউশন, হাওড়া, নিউ আন্দুল এইচ. সি. হাইস্কুল, হাওড়া, দীনবন্ধু ইনস্টিটিউশন (ব্রাঞ্চ), হাওড়া, সোনামুখী এফ. নাহার বিদ্যালয়, আমতা, হাওড়া।

১৯৮৯

পুথিপত্র (ক্যালকাটা) প্রাইভেট লিমিটেড

৯ এ্যান্টনি বাগান লেন, কলিকাতা-৭০০ ০০৯

২ বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট, কলিকাতা-৭০০ ০৭৩

প্রকাশক ঃ আর. কে. সাহা
পুথিপত্র (ক্যালকাটা) প্রাইভেট লিমিটেড। ৯ এ্যান্টনি বাগান লেন।
কলিকাতা-৭০০ ০০৯

প্রথম প্রকাশ, জুলাই, ১৯৮৫
দ্বিতীয় মুদ্রণ, জুন, ১৯৮৬
তৃতীয় মুদ্রণ, জুলাই, ১৯৮৭
পুনর্মুদ্রণ, জুন, ১৯৮৮
পুনর্মুদ্রণ, জুলাই, ১৯৮৯

মুদ্রক ঃ বি. রায়
রায় প্রিন্টার্স। ৯ এ্যান্টনি বাগান লেন। কলিকাতা-৭০০ ০০৯

মূল্য ঃ পঁয়তাল্লিশ টাকা

আমাদের কথা

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষাসংসদ নির্দেশিত ১৯৮৫ খ্রীস্টাব্দের সিলেবাস অনুসারে লিখিত 'উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন—দ্বিতীয় খণ্ড' প্রকাশিত হইল। প্রথম খণ্ডটির ন্যায় এই খণ্ডটিকেও আমরা একই সঙ্গে অগ্রসর ও সাধারণ এই উভয় শ্রেণীর ছাত্রের উপযোগী করিবার চেষ্টা করিয়াছি। সাধারণ ছাত্রদের সুবিধার জন্য আলোচিত বিষয়কে সহজবোধ্যরূপে উপস্থিত করিবার সঙ্গে সঙ্গে অগ্রসর ছাত্রদের দিকে লক্ষ্য রাখিয়া সংশ্লিষ্ট বিষয় সম্পর্কে সর্বাধুনিক তত্ত্ব ও তথ্যের সমাবেশ ঘটাইয়াছি।

সংসদের নির্দেশ অনুযায়ী এই খণ্ডটিতেও প্রতি অধ্যায়ের শেষাংশে অধ্যায়টির সার-সংক্ষেপ সংযোজিত হইয়াছে এবং অনুশীলনীর মধ্যে নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলীর সহিত বহুবিধ হ্রস্বোত্তর চরিত্রের প্রশ্ন অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে।

আমাদের মতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি-সংক্রান্ত বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্যকভাবে হৃদয়ঙ্গম করিবার জন্য প্রত্যেক ছাত্রের জারণ-বিজারণ বিভব সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা থাকা অত্যাবশ্যক। আবার কার্বন পরমাণুর বন্ধনের প্রকৃতি সম্পর্কে ধারণা না হইলে জৈব রসায়ন অধ্যয়ন অসম্পূর্ণ থাকিয়া যায়। সেইজন্য সংশ্লিষ্ট অধ্যায়গুলিতে এবং এই পুস্তকের সাধারণ ও ভৌত রসায়ন অংশে জারণ-বিজারণ বিভব, আণবিক কক্ষক তত্ত্ব, কক্ষকের সঙ্করায়ন ইত্যাদি বিষয়ে কিছু কিছু আলোচনা করা হইয়াছে।

রসায়নশাস্ত্র অধ্যয়নকে আরো বেশি আকর্ষণীয় ও জীবনমুখী করিবার জন্য আমরা জৈব রসায়ন অংশের শেষে **'কয়েকটি জৈব রাসায়নিক শিল্প'**-শীর্ষক একটি ক্ষুদ্র অধ্যায় সংযোজিত করিয়াছি। ভবিষ্যতে যে-সকল ছাত্র ইঞ্জিনিয়ারিং বা প্রযুক্তিবিজ্ঞান অধ্যয়ন করিবে তাহারা এই অংশ হইতে বিশেষ উপকৃত হইবে। এতদ্ব্যতীত উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার পর যে-সকল সাধারণ ছাত্র পলিটেকনিকে প্রবেশ করে, এই অংশে প্রদত্ত প্লাস্টিক, রবার, সংশ্লেষিত তন্তু বা পেন্ট ও ভার্নিস্ শিল্প সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা তাহাদের **যথেষ্ট** সাহায্য করিবে। এগুলি পলিটেকনিকের পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত হওয়া সত্ত্বেও বাংলাভাষায় লিখিত কোন পরিচিত পাঠ্যপুস্তকে আলোচিত হয় নাই।

আশা করি গুণগ্রাহী শিক্ষক ও ছাত্রদের দ্বারা এই পুস্তকের প্রথম খণ্ডটি যেরূপ সমাদৃত হইয়াছিল, দ্বিতীয় খণ্ডটিও সেরূপ সমাদরলাভে বঞ্চিত হইবে না।

পরিশেষে, আমাদের যে-সকল বন্ধু ও সহকর্মী তাঁহাদের অমূল্য উপদেশ দান করিয়া এই পুস্তকের মান উন্নয়নে সাহায্য করিয়াছেন, তাঁহাদের সকলকে আমাদের সকৃতজ্ঞ ধন্যবাদ জ্ঞাপন করিতেছি। ধন্যবাদ জানাইতেছি পুথিপত্রের একনিষ্ঠ কর্মীদের এবং ছাপাখানার কর্মীদের যাঁহাদের অকুণ্ঠ সহযোগিতা ব্যতীত যথাসময়ে এই পুস্তক প্রকাশ করা সম্ভব হইত না। বিশেষ করিয়া ধন্যবাদ জানাইতেছি, অনুজপ্রতিম স্নেহভাজন শ্রীস্বদেশ ঘোষকে, যিনি পেশাদার শিল্পী না হওয়া সত্ত্বেও পেশাদার শিল্পী অপেক্ষা অধিকতর দক্ষতার সহিত এই পুস্তকের অধিকাংশ অলঙ্করণে সাহায্য করিয়াছেন।

শান্তিশেখর সিন্‌হা
গৌরগোবিন্দ বিশ্বাস

SYLLABUS

PAPER—II (Marks—70)

GROUP A : General and Physical Chemistry (Marks : 20)

I. Natural Radioactivity—Alpha, Beta and Gamma rays. Concept of the nuclear atom—Electron, proton and neutron. Extra-nuclear structure. Descriptive approach of the Rutherford—Bohr model. Distribution of electrons in shell and subshells (s, p, d only) [Pauli's exclusion principle excluded]. Atomic number (Definition only with examples).

II. Mendeleeff's Periodic Law. Periodicity of properties of elements. Significance of groups and sub-groups. Defects in Mendeleeff's Periodic Table. Description of the periodic table on the basis of electronic arrangement. Electronegativity (Qualitative concept only with examples) : its variation along periods, groups and sub-groups in the periodic table.

III. Chemical bond—electrovalent, covalent and coordinate bonds. Simple properties of electrovalent and covalent compounds with special reference to the compounds mentioned in Paper I(B). Polarity of bonds. Hydrogen bond (elementary idea).

IV. Oxidation and Reduction—Oxidation number concept and electronic concept. Balancing redox reactions by oxidation number method. Electropotential series of metals and its application.

GORUP—B : Inorganic Chemistry (Marks—20)

I. Ores and Minerals, Fluxes, Slags and Gangues. General principles of metallurgy including Carbon Reduction, Self-Reduction, Electrolytic Reduction and Electro-refining. Extraction of the following metals (omitting details : Na, Ca, Cu, Zn, Al, Fe

Steel—Manufacture (Bassemer and Openhearth process only) Alloys and Amalgams.

II. Properties (both physical and chemical) and uses of the above metals. Chemistry of their oxides, hydroxides, chlorides, nitrates, sulphates and carbonates (preparation, properties and uses).

III. Large-scale production and uses of Caustic Soda, Sodium Carbonate and Bicarbonate, Quick and Slaked Lime, Bleaching Powder, Plaster of Paris, Common Alum.

GROUP—C : Organic Chemistry (Marks—30)

I. Tetrahedral space model of carbon. Chain and ring structures. Saturated and unsaturated compounds. Aliphatic and aromatic compounds.

II. Radicals and functional groups. Homologous series upto C_4. Classification and nomenclature (old and modern) of open chain compounds upto C_4 chain. Structural isomerism.

III. Chemistry of aliphatic compounds (In each case general methods of preparation and general properties with reactions should be illustrated using the following typical examples.)

(a) Saturated hydrocarbons : Methane and Ethane.

(b) Unsaturated hydrocarbons : Ethylene and Acetylene. (Planiarity of ethylene and linearity of acetylene to be discussed).

(c) Halogen derivatives : Chloroform, Iodoform.

(d) Alcohol : Methyl alcohol and Ethyl alcohol, Fermentation.

(e) Ether : Diethyl ether.

(f) Aldehydes and Ketones : Formaldehyde, Acetaldehyde, Acetone.

(g) Acids : Formic, Acetic and Oxalic acids.

(h) Acid derivatives : Acetyl chloride, Acetamide, Acetic anhydride.

(i) Esters : Ethylacetate and ethyl hydrogen sulphate.

IV. Chemistry of aromatic compounds

(a) Coal tar distillation and isolation of benzene, toluene and phenol.

(b) Benzene and its following reactions—chlorination, nitration, sulphonation, Friedal Craft's reaction.

(c) Toluene—its chlorination (hydrolysis of chlorinated products included) and its side chain oxidation. Mention of ortho, meta and para positions.

(d) Nitrobenzene, Aniline and their reactions including diazo reaction.

(e) Phenol—reactions and uses.

সূচীপত্র

সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

অজৈব রসায়ন

জৈব রসায়ন

সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

তেজস্ক্রিয়তা

[RADIOACTIVITY]

[Syllabus : Natural Radioactivity—Alpha, Beta and Gamma rays. Concept of the nuclear atom—Electron, proton and neutron. Extra-nuclear structure. Descriptive approach of the Rutherford—Bohr model. Distribution of electrons in Shell and subshells (s, p, d only) [Pauli's exclusion principle excluded]. Atomic number (Definition only with examples).]

1.1 সূচনা

তেজস্ক্রিয়তা সম্বন্ধে কিছু জানার আগে কতকগুলি ঘটনা সম্বন্ধে আমাদের সম্যক জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। ঘটনাগুলি হইল প্রতিপ্রভা (Fluorescence) এবং অনুপ্রভা (Phosphorescence)। কতকগুলি পদার্থ আলোয় রাখিলে আলো শোষণ করিয়া আলোকিত হয় এবং দীর্ঘতর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলো বিকিরণ করে, ইহাকে **প্রতিপ্রভা** বলে। আপতিত আলোক-রশ্মি অপসারিত করিলে প্রতিপ্রভাও অপসারিত হইবে। কুইনাইন সালফেটের উপর অতি-বেগুনি (ultra-violet) রশ্মি আপতিত হইলে উহা শোষিত হইয়া নীলরঙের রশ্মি বিকিরিত হয়। আরও কতকগুলি পদার্থ আছে যাহাদের উপর অতি-বেগুনি রশ্মি আপতিত হইয়া শোষিত হয় এবং দৃশ্যমান আলো বিকিরিত হয়। যেমন, জিঙ্ক সালফাইড, বেরিয়াম প্লাটিনো-সায়ানাইড ইত্যাদি। এই সকল বস্তুকে **প্রতিপ্রভ** বস্তু বলে।

আবার কতকগুলি বস্তু আছে যাহাদের কিছু সময়ের জন্য আলোতে রাখিয়া দিয়া পরে অন্ধকারে রাখিলে কিছুক্ষণের জন্য আলো বিকিরণ করে এবং পরে আলো বিকিরণ বন্ধ হইয়া যায়। এই ঘটনাকে **অনুপ্রভা** বলে। যেমন, ক্যাল-সিয়াম সালফাইড এবং বেরিয়াম সালফাইড নির্দিষ্ট অনুপাতে মিশ্রিত করিলে একরকম অনুপ্রভ রঙ তৈরি হয়। এই রঙ দিনের বেলায় সূর্যালোক শোষণ করিয়া রাত্রে আলোক বিকিরণ করে। যে-সকল বস্তু অনুপ্রভা দেয় তাহাদিগকে **অনুপ্রভ** বস্তু বলে।

1896 খ্রীস্টাব্দে বিজ্ঞানী হেনরী বেকারেল (Henry Becquerel) এক্স-রশ্মি (X-ray) লইয়া গবেষণার সময় লক্ষ করেন যে, কতকগুলি পদার্থের (ইউরেনিয়াম যৌগ) মধ্য হইতে এক্স-রশ্মির ন্যায় এক ধরনের রশ্মি অবিরত ধারায় নির্গত হইতে থাকে। বেকারেল আরও লক্ষ করেন যে, এই বিকিরণ পদার্থের মধ্যে অবস্থিত একটি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ হইতে ঘটে এবং যতক্ষণ না মৌলিক পদার্থটি আর একটি নূতন মৌলিক পদার্থে পরিণত হইতেছে ততক্ষণ বিকিরণ চলিতে থাকে এবং বিকিরণের সময় তাপশক্তি উৎপন্ন হয়। প্রাথমিক ভাবে বেকারেলের মনে

হইয়াছিল যে, ইহা একটি অনুপ্রভা ধর্ম। কিন্তু পরে ইহা সংশয়াতীত ভাবে প্রমাণিত হয় যে, ইহা অনুপ্রভা ধর্ম নয়, কারণ এই ধরনের বিকিরণের জন্য কোনও উত্তেজক আলোক উৎসের প্রয়োজন হয় না। যে-কোন অবস্থাতেই এবং সব সময়ে এই বিকিরণ নিরবচ্ছিন্ন গতিতে চলিতে থাকে। শুধু তাই নয়, এই বিকিরণ পাতলা ধাতব পাতকে (যেমন, অ্যালুমিনিয়াম) অতিক্রম করিতে পারে এবং ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে। কেবলমাত্র ইউরেনিয়াম আকরিক হইতেই এই ধরনের রশ্মি বিকিরিত হইতে দেখা যায়। পরে বিভিন্ন পরীক্ষা-নিরীক্ষাতে প্রমাণিত হয় যে, যে-সকল মৌলের পারমাণবিক ভর 206-এর বেশি তাহারাই এ ধরনের রশ্মি বিকিরণ করে। আরও দেখা গিয়াছে যে, এই ধরনের বিকিরণ উষ্ণতা, চাপ, পদার্থের অবস্থা, আলো, অন্ধকার এবং পরিপার্শ্বের উপর নির্ভরশীল নয়। বিকিরণকারী মৌলটি উহার যে-কোন যৌগ হইতেও বিকিরণ চালাইয়া যায়।



চিত্র 1.1 মাদাম কুরী

ইউরেনিয়াম যৌগ হইতে নির্গত রশ্মিকে **বেকারেল রশ্মি** নাম দেওয়া হয়। কিন্তু পরে মাদাম কুরী এবং তাঁহার স্বামী পিয়ের কুরী আরো কয়েকটি মৌলের (যেমন, রেডিয়াম, পোলোনিয়াম, থোরিয়াম, অ্যাকৃটিনিয়াম ইত্যাদির) মধ্যেও এই ধরনের বিকিরণ লক্ষ করেন। বর্তমানে এই রশ্মিকে তেজস্ক্রিয় রশ্মি বলা হয় এবং এই ঘটনাকে বলা হয় **স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তা** বা **স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়া**, আর মৌলগুলিকে বলা হয় তেজস্ক্রিয় মৌল।

1.2 তেজস্ক্রিয়তা

তেজস্ক্রিয়তা সম্বন্ধে ধারণা স্বচ্ছ করিতে হইলে মৌলের পরমাণু গঠন সম্বন্ধে কিঞ্চিৎ জ্ঞান থাকা দরকার। এই বিষয়ে বিস্তারিত আলোচনা এই অধ্যায়ের পরবর্তী অংশে করা হইবে। পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে সাধারণ ধারণা নিম্নে দেওয়া হইল :

অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ পর্যন্ত বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল যে, পরমাণু অবিভাজ্য। কিন্তু পরবর্তী কালে ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হইয়াছে যে, মৌলের পরমাণু প্রধানত তিনটি আদি কণা দ্বারা গঠিত। আদি কণাগুলি হইল প্রোটন, ইলেকট্রন এবং নিউট্রন। একটি পরমাণুর দুইটি অংশ—(i) কেন্দ্রক (nucleus) এবং (ii) বহিঃকক্ষ (outer orbit)। কেন্দ্রকে নিউট্রন এবং প্রোটন একসঙ্গে অবস্থান করে। বহিঃকক্ষে ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রকের চারিদিকে ঘূর্ণায়মান অবস্থায় থাকে। প্রোটন ও নিউট্রনের ভর সমান। প্রোটন পরাতড়িৎধর্মী। ইলেকট্রন অপরাতড়িৎধর্মী। নিউট্রন তড়িৎ-নিরপেক্ষ কণা। একটি প্রোটন বা একটি নিউট্রনের ভর ইলেকট্রনের ভর অপেক্ষা 1837 গুণ বেশি। কোন পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রোটন সংখ্যা উহার

বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন সংখ্যার সমান। প্রোটন অথবা নিউট্রনের তুলনায় ইলেকট্রনের ভর নগণ্য বলিয়া একটি পরমাণুর ভর উহার কেন্দ্রকের ভরের প্রায় সমান। কোন পরমাণুর কেন্দ্রকে উপস্থিত প্রোটনের মোট সংখ্যাকে অথবা বহিঃকক্ষে উপস্থিত ইলেকট্রনের মোট সংখ্যাকে মৌলটির **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক** বা **পারমাণবিক সংখ্যা** (atomic number) বলা হয়। কোন পরমাণুর কেন্দ্রকে উপস্থিত নিউট্রন ও প্রোটনের সংখ্যার যোগফলকে উহার **ভরসংখ্যা** বলা হয়। স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তা (natural redioactivity) উচ্চ ভরসংখ্যাবিশিষ্ট মৌলের মধ্যে পরিলক্ষিত হয়।

তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা : উচ্চ পারমাণবিক ভর বা ভরসংখ্যা-বিশিষ্ট (206-এর বেশি) কতকগুলি মৌল হইতে অথবা উহাদের যৌগ হইতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে এক অদৃশ্য রশ্মি বিকিরিত হয় যাহা উষ্ণতা, চাপ, আলো, অন্ধকার এবং পারিপার্শ্বিকতার উপর নির্ভরশীল নয়। পদার্থের এই বিকিরণ ধর্মকে বলা হয় স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তা এবং মৌলগুলিকে বলা হয় তেজস্ক্রিয় মৌল।

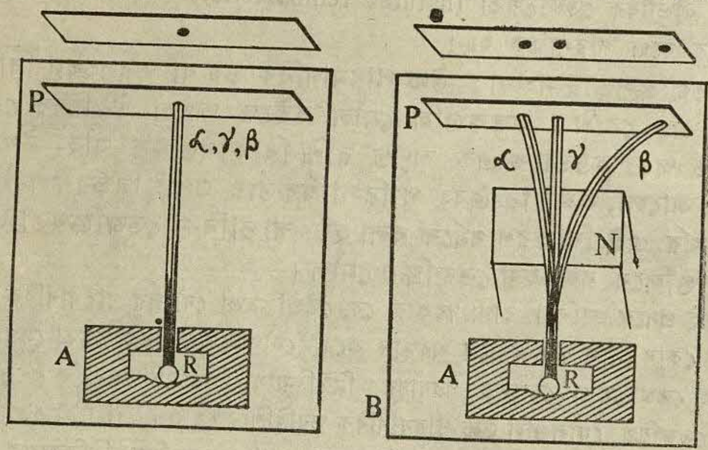
এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা দরকার যে, তেজস্ক্রিয়তা মৌলের পারমাণবিক ধর্ম। কারণ কোন মৌল যদি যৌগে অবস্থান করে, যৌগটিতেও তেজস্ক্রিয়তা দেখা যায় অর্থাৎ তেজস্ক্রিয়তা মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াস ভাঙনের ফলশ্রুতি। সুতরাং (i) তেজস্ক্রিয় মৌলগুলি উচ্চ পারমাণবিক ভরবিশিষ্ট মৌল। (ii) তেজস্ক্রিয়তা মৌলের একটি নিউক্লিয় এবং স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। (iii) তেজস্ক্রিয় বিকিরণের সময় তাপশক্তি নির্গত হয়। (iv) রশ্মি বিকিরণের ফলে তেজস্ক্রিয় মৌলগুলি নিম্ন পারমাণবিক গুরুত্ব-বিশিষ্ট নূতন মৌলে রূপান্তরিত হয় এবং (v) তেজস্ক্রিয় বিকিরণ পারিপার্শ্বিকতার উপর নির্ভরশীল নহে।

1.3 তেজস্ক্রিয় বিকিরণের প্রকৃতি (Nature of radioactive radiation)

রাদারফোর্ড, ভিলার্ড প্রমুখ বিজ্ঞানীরা এই রশ্মির বৈশিষ্ট্য অনুধাবন করিতে যাইয়া দেখেন যে, তেজস্ক্রিয় রশ্মির মধ্যে তিন রকমের রশ্মি বর্তমান। এই তিন রকমের রশ্মির উপস্থিতি প্রমাণ করিতে তাঁহারা নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্য নেন। A একটি সিসার পাত্র (চিত্র 1.2)। ইহার মধ্যে তেজস্ক্রিয় মৌল R লওয়া হইয়াছে। A-এর উপর একটি ছিদ্র আছে। A বায়ুনিরুদ্ধ পাত্র B-এর মধ্যে রাখা হয়। পাম্পের সাহায্যে পাত্রটি বায়ু-নিরুদ্ধ করা হয়। A-এর ছিদ্র হইতে খানিকটা দূরে একটি ফটোগ্রাফিক প্লেট P এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ছিদ্রের মধ্য দিয়া তেজস্ক্রিয় রশ্মি P-তে আপতিত হইতে পারে। B-কে বায়ুনিরুদ্ধ করিয়া উহার উপর তীব্র চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করা হয়। চৌম্বক ক্ষেত্র কাগজের তলের সঙ্গে সমকোণে থাকে (চিত্র 1.2)।

চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগের আগে ফটোগ্রাফিক প্লেট পরীক্ষা করিলে উহার উপর একটি দাগ দেখা যায়। কিন্তু চৌম্বক ক্ষেত্রে প্রয়োগের পর ফটোগ্রাফিক প্লেট

পরীক্ষা করিলে তিনটি ভিন্ন দাগ দেখা যায়। মাঝের দাগটির অবস্থান অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং বুঝা যাইতেছে যে, মূল বিকিরণ তিন রকমের রশ্মির দ্বারা গঠিত। দুইটি রশ্মি চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে দুই দিকে বাঁকিয়া যায় এবং একটি রশ্মি চুম্বক ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় না। ফ্লেমিং-এর বামহস্ত সূত্র প্রয়োগ করিলে বুঝা যাইবে যে, তেজস্ক্রিয় রশ্মির যে-অংশটি ডানদিকে বাঁকিয়া গিয়াছে তাহা অপরাতড়িৎধর্মী এবং যে-অংশটি বামদিকে বাঁকিয়া গিয়াছে তাহা পরাতড়িৎধর্মী



চিত্র 1.2

ফটোগ্রাফিক প্লেটটি লক্ষ করিলে আরো দেখা যায় যে, অপরাতড়িৎধর্মী অংশটি পরাতড়িৎধর্মী অংশ অপেক্ষা অধিকতর বাঁকিয়া গিয়াছে। যে-অংশটির কোনও বিচ্যুতি হয় নাই তাহা তড়িৎ-নিরপেক্ষ। বামদিকের পরাতড়িৎধর্মী রশ্মিকে α-রশ্মি বলা হয় এবং ডানদিকের অপরাতড়িৎধর্মী রশ্মিকে বলা হয় β রশ্মি। তড়িৎ-নিরপেক্ষ রশ্মিকে বলা হয় γ-রশ্মি। পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, α-রশ্মি পরাতড়িৎযুক্ত হিলিয়াম পরমাণু এবং β-রশ্মি অপরাতড়িৎযুক্ত ইলেকট্রন কণার সমষ্টি। γ-রশ্মি অতি ক্ষুদ্র তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ (এক্সরের মত)।

1.4 বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় রশ্মির ধর্মাবলী

α-রশ্মি : (a) ইহা ধনাত্মক আধানযুক্ত কণার প্রবাহ।

(b) এক একটি α-কণা দ্বি-আয়নিত হিলিয়াম পরমাণু (He^{++})। আধানের পরিমাণ $+9{\cdot}6\times10^{-10}$ e.s.u.

(c) ইহার বেগ $1{\cdot}4\times10^{9}$ cm/sec হইতে $1{\cdot}7\times10^{9}$ cm/sec। তেজস্ক্রিয় পদার্থের উপর ইহা নির্ভরশীল, তবে নির্দিষ্ট তেজস্ক্রিয় পদার্থের জন্য ইহার মান নির্দিষ্ট।

(d) ইহা গ্যাসকে আয়নিত করিতে পারে। β-রশ্মির তুলনায় α-রশ্মির

আয়নয়ন ক্ষমতা প্রায় 100 গুণ বেশি এবং γ-রশ্মির তুলনায় প্রায় 10,000 গুণ বেশি।

(e) α-কণার ভর একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রায় চারি গুণ। α-কণার ভর $6{\cdot}4\times10^{-24}$ gm এবং আধান ও ভরের অনুপাত $1{\cdot}5\times10^{14}$ e.s.u./gm.

(f) ইহা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে।

(g) ধাতব-পাত অথবা অধাতব পাত ভেদ করিবার ক্ষমতা α-কণার তুলনামূলক ভাবে কম। 0·06 mm পুরু অ্যালুমিনিয়ামের পাত α-কণাকে শোষণ করিয়া লয়। ধাতু বা অধাতুর (যেমন, অভ্র) পাতের মধ্য দিয়া যাইবার সময় α-কণা বিক্ষিপ্ত হয়।

(h) জিঙ্ক সালফাইড অথবা বেরিয়াম প্লাটিনোসাইনাইডে α-কণা প্রতিপ্রভা সৃষ্ট করে।

(i) α-কণা মানব শরীরের কোন অংশে পড়িলে ক্ষতের সৃষ্টি হয়। ইহা সহজে সারে না।

(j) α-কণা তড়িৎ এবং চুম্বক ক্ষেত্রে প্রভাবিত হয়। অর্থাৎ ইহা একটি নির্দিষ্ট দিকে বাঁকিয়া যায়।

β-রশ্মি :

(a) β-রশ্মি ইলেকট্রনের প্রবাহ। সুতরাং ইহা ঋণাত্মক আধানযুক্ত কতকগুলি সূক্ষ্মকণার প্রবাহ ছাড়া আর কিছুই নহে।

(b) β-কণার বেগ $0{\cdot}9\times10^{10}$ cm/sec হইতে $2{\cdot}9\times10^{10}$ cm/sec পর্যন্ত হইতে পারে।

(c) একটি β-কণার আধান $-4{\cdot}8029\times10^{-10}$ e.s.u.
অথবা $-1{\cdot}602\times10^{-19}$ কুলম্ব।

(d) β-রশ্মি তড়িৎ এবং চুম্বক ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয়।

(e) এক একটি β-কণার ভর $9{\cdot}11\times10^{-28}$ gm এবং ইহার আধান ও ভরের অনুপাত $5{\cdot}2\times10^{17}$ e.s.u./gm

(f) β-কণার বেগ α-কণা অপেক্ষা বেশি হইলেও α-কণার তুলনায় ইহার ভর প্রায় 7000 গুণ কম বলিয়া α-কণার তুলনায় ইহার আয়নয়ন ক্ষমতা কম। কিন্তু γ-রশ্মি অপেক্ষা বেশি।

(g) ইহা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে এবং ইহার তীব্রতা α-কণার তুলনায় বেশি।

(h) β-কণার কঠিন পদার্থ ভেদের ক্ষমতা α-কণার তুলনায় অনেক বেশি। β-কণা সহজেই 1 cm পুরু অ্যালুমিনিয়ামের পাত ভেদ করিয়া যাইতে পারে।

(i) ইহার প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করার ক্ষমতা বর্তমান, যেমন বেরিয়াম প্লাটিনোসাইনাইডের উপর ইহা প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে।

(j) কোন পদার্থ ভেদ করিবার সময় β-কণা বিক্ষিপ্ত হয় এবং এই বিক্ষেপ α-কণার তুলনায় অনেক বেশি।

(k) ইহা জীবদেহে ক্ষতের সৃষ্টি করে।

γ-রশ্মি :

(a) γ-রশ্মি একটি তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ, এবং ইহার তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অতি ক্ষুদ্র।

(b) γ-রশ্মির ভর নাই।

(c) γ-রশ্মির কোন আধান নাই।

(d) ইহা চুম্বক বা তড়িৎ-ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় না।

(e) ইহার আয়নয়ন ক্ষমতা α এবং β-রশ্মি অপেক্ষা অনেক কম।

(f) ইহা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে।

(g) ইহার প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করার ক্ষমতা আছে।

(h) তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ বলিয়া ইহাতে আলোকের সকল ধর্ম বর্তমান। অর্থাৎ ইহার প্রতিফলন (reflection), প্রতিসরণ (refraction), অপবর্তন (diffraction) ইত্যাদি হয়।

(i) ইহার পদার্থ ভেদ করিবার ক্ষমতা α এবং β-রশ্মি অপেক্ষা অনেক বেশি। 30 cm পুরু লোহাকে ইহা সহজে ভেদ করিতে পারে।

(k) ইহাও জীবদেহে ক্ষতের সৃষ্টি করে।

1.5 তেজস্ক্রিয়তার একক

তেজস্ক্রিয়তা মাপার জন্য সাধারণত দুইটি একক ব্যবহার করা হয়—(1) ক্যুরী (Curie), (2) রাদারফোর্ড (Rutherford)। প্রতি সেকেণ্ডে যদি $3{\cdot}7\times10^{10}$ সংখ্যক তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন হয় তখন বলা হয় মৌলটির তেজস্ক্রিয়তা এক ক্যুরী। আবার প্রতি সেকেণ্ডে 10^6-সংখ্যক পরমাণুর ভাঙনকে বলা হয় এক রাদারফোর্ড।

1.6 তেজস্ক্রিয় রূপান্তর এবং তেজস্ক্রিয় শ্রেণী (Radioactive transformation and radioactive series)

আমরা জানি তেজস্ক্রিয়তা পরমাণুর নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্রকের ধর্ম। অর্থাৎ তেজস্ক্রিয়তার উৎস পরমাণুর নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্রক। তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে তেজস্ক্রিয় রশ্মি বাহির হইয়া অবশেষে একটি স্থায়ী অতেজস্ক্রিয় মৌলের সৃষ্টি হয়। এই ঘটনার মধ্যবর্তী সময়ে বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় মৌলের সৃষ্টি হয়। তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে অতেজস্ক্রিয় মৌল সৃষ্টি পর্যন্ত যতগুলি মৌল সৃষ্টি হয় সেগুলিকে সজ্জিত করিলে যে-সজ্জা পাওয়া যায় সেই সজ্জাগুলিকে তেজস্ক্রিয় শ্রেণী (Radioactive series) বলা হয়। প্রকৃতিতে যে-তিনটি স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয় শ্রেণী (Natural radioactive series) আছে সেগুলি ক্ষুদ্রাকারে নিম্নে দেখানো হইল। [একটির বিস্তৃত বিবরণ I সারণীতে দেখানো হইল।]

(i) থোরিয়াম শ্রেণী

$$^{232}_{90}\text{Th} \xrightarrow[-4\beta]{-6\alpha} {}^{208}_{82}\text{Pb}$$

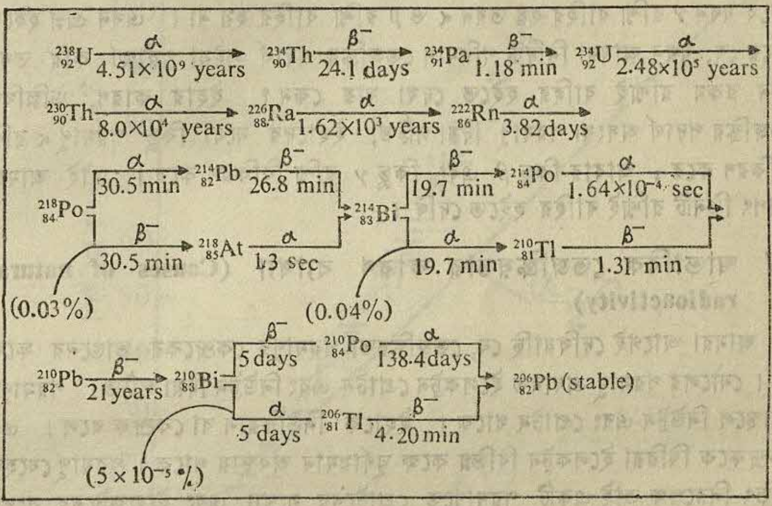
(ii) অ্যাক্টিনিয়াম শ্রেণী

$$^{235}_{92}\text{U} \xrightarrow[-4\beta]{-7\alpha} {}^{207}_{82}\text{Pb}$$

(iii) ইউরেনিয়াম শ্রেণী

$$^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow[-6\beta]{-8\alpha} {}^{206}_{82}\text{Pb}$$

তিনটি ক্ষেত্রেই অতেজস্ক্রিয় শেষ মৌলটি লেডের (Pb) বিভিন্ন আইসোটোপ।



সারণী I

পর্যায় সারণীতে ইউরেনিয়ামের পরবর্তী মৌলগুলি কৃত্রিম উপায়ে আবিষ্কৃত হইবার পর আর একটি কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় শ্রেণী (artificial radioactive series) পাওয়া যায়। তাহার নাম নেপচুনিয়াম শ্রেণী। যথা—

$$^{237}_{93}\text{Np} \xrightarrow[-4\beta]{-7\alpha} {}^{209}_{83}\text{Bi}$$

উপরের তেজস্ক্রিয় শ্রেণী হইতে ইহা পরিষ্কার যে, (1) কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে একটি α কণা বাহির হইলে পরমাণুটি একটি নূতন মৌলের পরমাণুতে রূপান্তরিত হয়। এই নূতন পরমাণুর ভরসংখ্যা 4 একক এবং পারমাণবিক সংখ্যা 2 একক কম হয়। (2) কোনও তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু

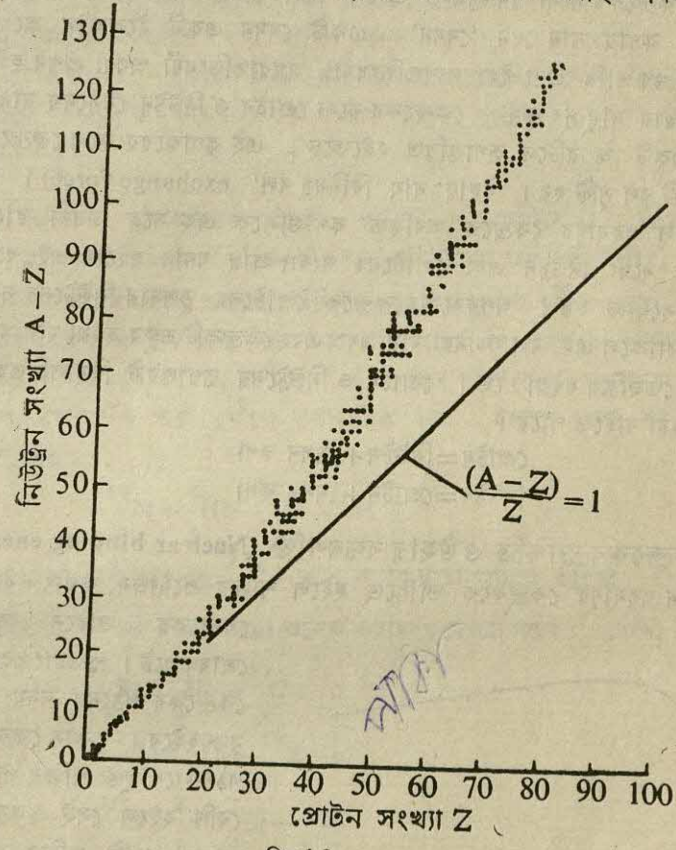
হইতে একটি β কণা বহির্গত হইলেও পরমাণুটি একটি নূতন মৌলের পরমাণুতে রূপান্তরিত হয়। এই নূতন পরমাণুর ভরসংখ্যা একই থাকে কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা 1 একক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, একটি তেজস্ক্রিয় পরমাণু হইতে প্রথমে একটি α-কণা এবং পরে দুইটি β-কণা বহির্গত হইলে পরমাণুটির ভরসংখ্যা 4 একক কমিয়া যায় বটে কিন্তু উহার পারমাণবিক সংখ্যা সমান থাকিয়া যায়। অর্থাৎ প্রাথমিক পরমাণুটির একটি সমস্থানিক (isotope) সৃষ্টি হয়। **সুতরাং একটি তেজস্ক্রিয় পরমাণু হইতে প্রথমে একটি α কণা এবং পর পর দুইটি β-কণা নির্গত হইলে, প্রাথমিক পরমাণুটির একটি সমস্থানিক পরমাণু সৃষ্টি হয়। ইহা সডি এবং ফ্যাজনের সূত্র।**

এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা ভাল যে, কোনও তেজস্ক্রিয় পরমাণু হইতে একই সঙ্গে তিন প্রকার রশ্মি বাহির হয় না। যখন α রশ্মি বাহির হয় তখন β ও γ রশ্মি বাহির হয় না; আবার যখন β রশ্মি বাহির হয় তখন α ও γ রশ্মি বাহির হয় না। অনুরূপ ভাবে যখন γ রশ্মি বাহির হয় তখন α ও β রশ্মি বাহির হয় না। এখন প্রশ্ন হইতে পারে যে, যখন আমরা নির্দিষ্ট পরিমাণ তেজস্ক্রিয় পদার্থ লইয়া পরীক্ষা করি তখন তিন রকম রশ্মিই বাহির হইতে দেখা যায় কেন? ইহার কারণ, উল্লিখিত তেজস্ক্রিয় পদার্থ অসংখ্য পরমাণু দিয়া গঠিত, ইহাদের মধ্যে কিছু পরমাণু α রশ্মি বিকিরণ করে; আবার কিছু β এবং কিছু γ রশ্মি বিকিরণ করে। তাই আমরা যুগপৎ তিনটি রশ্মিই বাহির হইতে দেখি।

1.7 স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা (Causes of natural radioactivity)

আমরা আগেই দেখিয়াছি যে, তেজস্ক্রিয়তা পরমাণুর কেন্দ্রকের ভাঙনের ফলে হয়। মৌলের পরমাণু প্রধানত ইলেকট্রন প্রোটন এবং নিউট্রন দিয়া গঠিত। পরমাণুর মধ্যস্থলে নিউট্রন এবং প্রোটন থাকে। ইহাকে নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্রক বলে। এই কেন্দ্রককে ঘিরিয়া ইলেকট্রন বিভিন্ন কক্ষে ঘূর্ণায়মান অবস্থায় থাকে। পরমাণু যেহেতু তড়িৎ-নিরপেক্ষ তাই একটি পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যা এবং ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান। কারণ একটি প্রোটনে যে-পরিমাণ ধনাত্মক আধান বর্তমান একটি ইলেকট্রনে ঠিক সেই পরিমাণ ঋণাত্মক আধান বর্তমান। নিউট্রন তড়িৎ-নিরপেক্ষ। কোন পরমাণুর মধ্যে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যা অথবা ইলেকট্রনের সংখ্যাকে সেই পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা (atomic number) বলে। আবার, কোন পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থিত নিউট্রনের এবং প্রোটনের সংখ্যার যোগফলকে ঐ পরমাণুর ভরসংখ্যা (mass number) বলা হয়। যে-সকল মৌলিক পদার্থের পরমাণুর কেন্দ্রকের মধ্যে নিউট্রন এবং প্রোটনের সংখ্যা অধিক অর্থাৎ যে-সকল পরমাণুর ভরসংখ্যা অধিক (206-এর বেশি) সেই সকল পরমাণুর মধ্যে তেজস্ক্রিয়তা দেখা যায়। সুতরাং ব্যাখ্যা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, এই সকল পরমাণুর কেন্দ্রকের স্বল্প পরিসরে অধিক পরিমাণ নিউট্রন এবং প্রোটন থাকার ফলে পরমাণুটি দুঃস্থিত হইয়া উঠে

এবং স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভাঙিয়া যাইয়া সুস্থিত মৌলে পরিণত হয় এবং ভাঙিবার সময় α, β এবং γ রশ্মি বিকিরণ করে। আবার, ইহাও লক্ষ্য করা গিয়াছে যে, তেজস্ক্রিয়তা কেন্দ্রকে অবস্থিত নিউট্রন এবং প্রোটনের সংখ্যার আপেক্ষিকতার উপর নির্ভরশীল। যে-সকল মৌল তেজস্ক্রিয় নয় (অর্থাৎ কম পারমাণবিক ভর-বিশিষ্ট মৌলগুলি) সেই সকল মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকে নিউট্রনের সংখ্যা এবং প্রোটনের সংখ্যার অনুপাত 1-এর কাছাকাছি। আবার, যে-সকল মৌলে তেজস্ক্রিয়তা দেখা যায় তাহাদের পরমাণুর কেন্দ্রকের মধ্যে অবস্থিত নিউট্রন এবং



চিত্র 1.3

প্রোটন সংখ্যার অনুপাত 1·5-এর বেশি হইতে দেখা যায়। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে, তেজস্ক্রিয়তার আর একটি কারণ হইল মৌলের পরমাণু কেন্দ্রকে প্রোটনের তুলনায় অধিক সংখ্যক নিউট্রনের উপস্থিতি (চিত্র 1.3)।

1.8 পরমাণুর কেন্দ্রকের সুস্থিতি এবং মেসন কণা (Nuclear stability and meson)

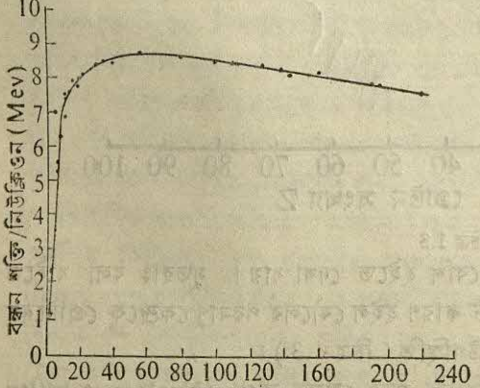
পরমাণুর কেন্দ্রকের আয়তন খুবই কম (ব্যাস $=10^{-13}$ সেমি.)। এই অল্প

পরিসর স্থানে নিউট্রন এবং প্রোটন অবস্থান করে। সম আধানহেতু প্রোটনগুলির মধ্যে বিকর্ষণে সমস্ত কেন্দ্রকই দুঃস্থিত হওয়া উচিৎ। কিন্তু বাস্তবে অতেজস্ক্রিয় মৌলগুলির পরমাণু সুস্থিত। সুতরাং অতেজস্ক্রিয় মৌলগুলির স্থায়িত্বের জন্য পরমাণুর কেন্দ্রকে এমন একটি বল ক্রিয়াশীল থাকে যাহা প্রোটনগুলির বিকর্ষণ বলকে অতিক্রম করিয়া প্রোটন এবং নিউট্রনগুলিকে পরস্পরের সহিত ধরিয়া রাখে। জাপানি বিজ্ঞানী ইয়োকোয়া (Yukawa, 1935) প্রমাণ করেন যে, মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকের মধ্যে নিউট্রন ও প্রোটন ব্যতীত আর একটি কণা বর্তমান। তিনি এই কণার নাম দেন 'মেসন'। একটি মেসন একটি ইলেকট্রন অপেক্ষা 200-300 গুণ ভারি এবং ইহা পরাতড়িৎধর্মী, অপরাতড়িৎধর্মী অথবা প্রশম হইতে পারে। ইহার আয়ু খুব কম। কেন্দ্রকের মধ্যে প্রোটন ও নিউট্রন মেসনের মাধ্যমে অবিরত একটি অপরটিতে রূপান্তরিত হইতেছে। এই রূপান্তরের ফলে কেন্দ্রকের মধ্যে একটি বল সৃষ্টি হয়। ইহার নাম 'বিনিময় বল' (exchange force)। এই বিনিময় বল পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থিত কণাগুলিকে এক সঙ্গে ধরিয়া রাখে। কেন্দ্রকের মধ্যে নিউট্রন এবং প্রোটনের সংখ্যা প্রায় সমান হইলে এই বলের পরিমাণ সর্বোচ্চ হয়। অপরপক্ষে কেন্দ্রকে প্রোটনের তুলনায় নিউট্রনের সংখ্যা বাড়িতে থাকিলে এই বল কমিয়া যায় এবং এবং কেন্দ্রকটি ভঙ্গুর হইয়া যায় অর্থাৎ পরমাণুটি তেজস্ক্রিয় হইয়া পড়ে। প্রোটন ও নিউট্রনের রূপান্তরটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যাইতে পারে।

প্রোটন = নিউট্রন + মেসন কণা
নিউট্রন = প্রোটন + মেসন কণা

1.9 কেন্দ্রকের সুস্থিতি ও উহার বন্ধনশক্তি (Nuclear binding energy)

কোন পরমাণুর কেন্দ্রককে ভাঙিতে হইলে শক্তির প্রয়োজন, অর্থাৎ পরমাণুর কেন্দ্রকের ভাঙনে শক্তির শোষণ ঘটে। সুতরাং পরমাণুর কেন্দ্রকের গঠনের সময় শক্তি মুক্ত হইবে। কোন কেন্দ্রকের গঠনকালে মুক্ত শক্তির পরিমাণ বেশি হইলে সেই কেন্দ্রকের ভাঙনে বেশি শক্তির শোষণ হইবে। সুতরাং পরমাণুর কেন্দ্রক গঠন কালে উদ্ভূত শক্তি কেন্দ্রকের সুস্থিতির পরিমাপ। তাই এই শক্তিকে বলা হয় কেন্দ্রকের বন্ধনশক্তি (nucler binding energy)। এই বন্ধনশক্তির পরিমাণ যত বেশি হইবে কেন্দ্রকে অবস্থিত



চিত্র 1.4

কণাপ্রতি (নিউক্লিওন প্রতি) বন্ধন শক্তিও তত বেশি হইবে। নিম্ন ভরসংখ্যাবিশিষ্ট পরমাণুগুলির ক্ষেত্রে কেন্দ্রকে অবস্থিত কণার (নিউট্রন এবং প্রোটন) সংখ্যা তুলনামূলকভাবে কম বলিয়া কণাপ্রতি বন্ধনশক্তি বেশি। এই কারণে নিম্ন ভরসংখ্যাবিশিষ্ট পরমাণুগুলি বা মৌলগুলি সুস্থিত। অপরপক্ষে উচ্চ ভরসংখ্যাবিশিষ্ট মৌলগুলি পরমাণুর কেন্দ্রে অধিক সংখ্যায় নিউট্রন এবং প্রোটন বর্তমান থাকায় কণাপ্রতি বন্ধনশক্তি কমিয়া যায়; তাই পরমাণুগুলি দুঃস্থিত হয়। তেজস্ক্রিয় মৌলের স্বতঃস্ফূর্ত ভাঙন এই ভাবে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে। 1.4 নং চিত্রে ভরসংখ্যার সহিত কেন্দ্রকে অবস্থিত কণা প্রতি বন্ধনশক্তির পরিবর্তন দেখানো হইয়াছে (গণনার দ্বারা)। স্পষ্টতই 200-এর উপর ভরসংখ্যাবিশিষ্ট মৌলগুলির কেন্দ্রকে কণাপ্রতি বন্ধনশক্তি অনেক কম। তাই উহারা দুঃস্থিত এবং স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভাঙিয়া যায়।

1.10 কৃত্রিম মৌলান্তর এবং কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা (Artificial transmutation of elements and artificial radioactivity)

আমরা জানি উচ্চ ভরসংখ্যাবিশিষ্ট তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে স্বাভাবিক এবং স্বতঃস্ফূর্তভাবে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হয়; কিন্তু দেখা গিয়াছে যে, কতকগুলি কম ভরসংখ্যাবিশিষ্ট মৌল যেমন B, Mg, Al প্রভৃতির পরমাণুকে α কণাদ্বারা আঘাত করিলে মৌলগুলি অন্য মৌলে রূপান্তরিত হয়। ইহাকে বলা হয় কৃত্রিম মৌলান্তর।

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

এখানে দেখা যাইতেছে যে, $^{14}_{7}N$-কে α-কণার দ্বারা আঘাত করিয়া $^{17}_{8}O$ সৃষ্টি করা হইয়াছে। এই রকম আরো অনেক উদাহরণ দেওয়া সম্ভব। যেমন,

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

$$^{63}_{29}Cu + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{63}_{30}Zn + ^{1}_{0}n$$

$$^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He$$

$$^{24}_{12}Mg + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He$$

$$^{27}_{12}Al + \gamma \rightarrow ^{26}_{12}Mg + ^{1}_{1}H$$

কৃত্রিম মৌলান্তরের ক্ষেত্রে শুধু যে α-কণা আঘাতকারী উৎস হিসাবে ব্যবহার করা হয় তাহা নহে; প্রোটন, নিউট্রন, γ-রশ্মি প্রভৃতিকেও আঘাতকারী উৎস হিসাবে ব্যবহার করিয়া মৌলান্তর করা যায়। (উপরের উদাহরণগুলি লক্ষণীয়)।

আবার ইহাও দেখা গিয়াছে যে, কোন হালকা মৌলকে কৃত্রিমভাবে α-কণা, নিউট্রন, γ-রশ্মি, প্রোটন ইত্যাদি দিয়া আঘাত করিবার সময় কতকগুলি ক্ষেত্রে অতেজস্ক্রিয় মৌলটিতে তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয়। যেমন, Al-কে α-কণা দিয়া আঘাত করিয়া পরে α-কণার উৎস বন্ধ করিয়া দিলে ইহা পজিট্রন ($\overset{0}{_{1}}e^{+}$)-কণা বিকিরণ করিতে থাকে। পজিট্রন হইল ইলেকট্রনের সমান ভরবিশিষ্ট এবং প্রোটনের সমান ধনাত্মক আধানযুক্ত কণা।

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$
$$^{30}_{15}P \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{+1}e$$

তেজস্ক্রিয় রশ্মিদ্বারা আঘাত করিয়া অতেজস্ক্রিয় মৌলের মধ্যে তেজস্ক্রিয়তা সৃষ্টি করাকে বলা হয় **কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা**। কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তার আরও কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

(1) $^{24}_{12}Mg + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{27}_{14}Si + ^{1}_{0}n, \quad ^{27}_{14}Si \rightarrow ^{27}_{13}Al + ^{0}_{+1}e^{+}$

(2) $^{32}_{16}S + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{30}_{15}P, \quad ^{30}_{15}P \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{1}e^{+}$

(3) $^{25}_{12}Mg + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{28}_{13}Al + ^{1}_{1}H, \quad ^{28}_{13}Al \rightarrow ^{28}_{14}Si + e$

(4) $^{19}_{9}F + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{19}_{10}Ne, \quad ^{19}_{10}Ne \rightarrow ^{19}_{9}F + ^{0}_{1}e^{+}$

(5) $^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{24}_{11}Na, \quad ^{24}_{11}Na \rightarrow ^{24}_{12}Mg + e$

1.11 তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু (Half life period of a radioactive element)

আমরা পূর্বেই জানিয়াছি যে, একটি তেজস্ক্রিয় মৌল স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভাঙিয়া নূতন মৌলে রূপান্তরিত হয়। ভাঙনের সময় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের সবটাই এক সঙ্গে অন্য মৌলে রূপান্তরিত হয় না। নির্দিষ্ট সময়ে মৌলের একটি নির্দিষ্ট অংশ রূপান্তরিত হয়। যে-নির্দিষ্ট সময়ে কোন তেজস্ক্রিয় মৌল ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া উহার প্রাথমিক পরিমাণের অর্ধেক হইয়া যায় সেই সময়কে উক্ত তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু (Half life period) বলা হয়। কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু 3 ঘন্টা বলিলে বুঝা যাইবে যে, মৌলটির m গ্রাম লইয়া পরীক্ষা শুরু করিলে 3 ঘন্টা পরে মৌলটির $\frac{m}{2}$ গ্রাম পড়িয়া থাকিবে। আরও 3 ঘন্টা পরে মৌলটির $\frac{m}{4}$ $(=\frac{m}{2}\times\frac{1}{2})$ গ্রাম পড়িয়া থাকিবে ইত্যাদি। রেডিয়ামের অর্ধায়ু 1622 বৎসর বলিতে বুঝায় যে, 1 গ্রাম রেডিয়াম লইয়া পরীক্ষা শুরু করিলে 1622 বৎসর পরে 0·5 গ্রাম

রেডিয়াম অবশিষ্ট থাকিবে। অনুরূপভাবে আরও 1622 বৎসর পরে 0·25 ($=0·5\times\frac{1}{2}$) গ্রাম রেডিয়াম অবশিষ্ট থাকিবে।

ধরা যাক্, কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের m_0 গ্রাম লইয়া পরীক্ষা শুরু করা হইল

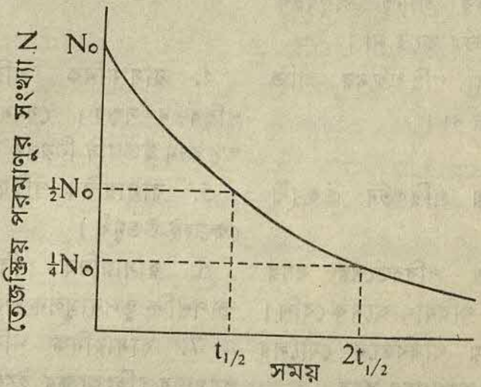
∴ প্রথম অর্ধায়ু সময়ে তেজস্ক্রিয় মৌলটির অবশেষের পরিমাণ $=\frac{m_0}{2}$ গ্রাম

দ্বিতীয় " " " " " $=\frac{m_0}{2^2}$ "

তৃতীয় " " " " " $=\frac{m_0}{2^3}$ "

∴ n-তম " " " " " $=\frac{m_0}{2^n}$ "

অর্থাৎ, $m=\frac{m_0}{2^n}$ যখন $m=n$-তম অর্ধায়ু সময়ে অবশেষের পরিমাণ। অনুরূপ-ভাবে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলে N_0 সংখ্যক পরমাণু উপস্থিত থাকিলে n-তম অর্ধায়ু সময়ে অবশিষ্ট মৌলটির পরমাণু সংখ্যা $N=\frac{N_0}{2^n}$



চিত্র 1.5

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, কোন তেজস্ক্রিয় মৌল কোন দিনই সম্পূর্ণরূপে ক্ষয়প্রাপ্ত হইবে না। (চিত্র 1.5)

1.12 পরমাণুর কেন্দ্রকে বা নিউক্লিয়াসে α, β, γ-রশ্মি কিভাবে সৃষ্টি হয়

তেজস্ক্রিয় রশ্মি পরমাণুর কেন্দ্রক হইতে বহির্গত হয়। কেন্দ্রকের নিউট্রন প্রথমে প্রোটন এবং ইলেকট্রনে রূপান্তরিত হয়।

নিউট্রন=প্রোটন+ইলেকট্রন

এই ইলেকট্রন β-কণা হিসাবে বহির্গত হয়। আবার দুইটি প্রোটন দুইটি নিউট্রনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া α-কণা হিসাবে মুক্তিলাভ করে। এই প্রক্রিয়ার সময়

সামান্য পরিমাণ ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই শক্তি γ-রশ্মি হিসাবে বহির্গত হয়।

1.13 রাসায়নিক পরিবর্তন এবং তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনের তুলনা

তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
1. α, β, γ-রশ্মি বিকিরণ করিয়া তেজস্ক্রিয় মৌল একটি নূতন অতেজস্ক্রিয় মৌলে পরিবর্তিত হয়।	1. রাসায়নিক পরিবর্তনে একটি মৌল অন্য একটি মৌলে রূপান্তরিত হয় না। একাধিক মৌল পরস্পর রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়া করিয়া নূতন যৌগ সৃষ্টি করে।
2. তেজস্ক্রিয় মৌলের যৌগতে তেজস্ক্রিয়তা বর্তমান থাকে। অর্থাৎ তেজস্ক্রিয় ধর্ম উহাদের যৌগতে দেখা যায়।	2. একাধিক অতেজস্ক্রিয় মৌল রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইলে মৌলগুলির নিজস্বতা থাকে না। অর্থাৎ উহাদের ধর্ম পরিবর্তিত হয়।
3. তেজস্ক্রিয়তা পারিপার্শ্বিকতার উপর নির্ভর করে না। অর্থাৎ উষ্ণতা, চাপ, বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব অনুঘটক ইত্যাদির উপর নির্ভর করে না।	3. রাসায়নিক পরিবর্তন এই সকল নিয়ন্ত্রকের দ্বারা প্রভাবিত হয়।
4. তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনের গতি পরিবর্তন করা যায় না।	4. রাসায়নিক পরিবর্তনের গতি পরিবর্তন সম্ভব। যেমন উষ্ণতা, চাপ, অনুঘটন ইত্যাদি নিয়ন্ত্রণ করিয়া।
5. তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন একমুখী পরিবর্তন।	5. রাসায়নিক পরিবর্তন বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই উভমুখী।
6. তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনের সময় উদ্ভূত তাপশক্তির পরিমাণ অনেক বেশি।	6. রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপশক্তি তুলনামূলকভাবে কম।
7. তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রক অংশগ্রহণ করে।	7. রাসায়নিক পরিবর্তনে মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন অংশগ্রহণ করে।

1.14 α, β, γ-রশ্মির ধর্মের তুলনা

	α-রশ্মি	β-রশ্মি	γ-রশ্মি
1.	পরাতড়িৎধর্মী।	অপরাতড়িৎধর্মী।	তড়িৎ-নিরপেক্ষ।
2.	প্রতিটি কণা হিলিয়াম কেন্দ্রকের সমতুল্য।	প্রতিটি কণা ইলেকট্রনের সমতুল্য।	ভরহীন, তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ।
3.	α-রশ্মির গতি আলোর গতিবেগের $\frac{1}{10}$ ভাগ। $1{\cdot}4\times10^{9}$cm/sec – $1{\cdot}7\times10^{9}$cm/sec	β-রশ্মির গতিবেগ $0{\cdot}9\times10^{10}$cm/sec – $2{\cdot}9\times10^{10}$cm/sec	γ-রশ্মির গতিবেগ 3×10^{10}cm/sec

α-রশ্মি	β-রশ্মি	γ-রশ্মি
4. α-রশ্মির ভেদন-ক্ষমতা কম। 0·1 mm বেধ-বিশিষ্ট Al পাতকে ইহা অতিক্রম করিতে পারে না।	β-রশ্মির ভেদন-ক্ষমতা α-রশ্মি অপেক্ষা প্রায় 5 গুণ বেশি।	γ-রশ্মির ভেদন-ক্ষমতা সর্বাধিক α-রশ্মি অপেক্ষা 6000 গুণ বেশি।
5. গ্যাসকে আয়নিত করার ক্ষমতা খুব বেশি।	β-রশ্মির আয়নয়ন ক্ষমতা α-রশ্মির অপেক্ষা কম।	γ-রশ্মির আয়নয়ন ক্ষমতা খুব কম।
6. α-রশ্মির প্রতিপ্রভা সৃষ্টির ক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশি।	α-রশ্মি অপেক্ষা β-রশ্মির প্রতিপ্রভা সৃষ্টির ক্ষমতা কম।	γ-রশ্মির প্রতিপ্রভা সৃষ্টির ক্ষমতা খুব কম।

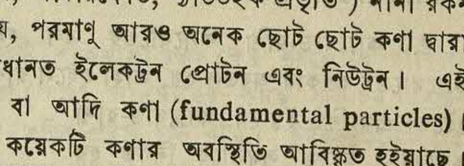
1.15 পরমাণুর গঠন

ঊনবিংশ শতাব্দী পর্যন্ত বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশ পরমাণু এবং ইহাকে আর ভাঙা যায় না। বিংশ শতাব্দীর গোড়া হইতে বিভিন্ন বিজ্ঞানী (যেমন, জে. জে. টমসন, রাদারফোর্ড, স্যাডউইক প্রভৃতি) নানা রকম পরীক্ষা-নিরীক্ষা করিয়া দেখান যে, পরমাণু আরও অনেক ছোট ছোট কণা দ্বারা গঠিত। এই ক্ষুদ্রতর কণাগুলি প্রধানত ইলেকট্রন প্রোটন এবং নিউট্রন। এই কণাগুলিকে বলা হয় মূল কণা বা আদি কণা (fundamental particles)। এ ছাড়া পরমাণুর মধ্যে আরও কয়েকটি কণার অবস্থিতি আবিষ্কৃত হইয়াছে। যথা, পজিট্রন (Positron), মেসন (meson), নিউট্রিনো (Neutrino), অ্যান্টি-নিউট্রিনো (Anti-neutrino) ইত্যাদি।

1.16 ক্যাথোড-রশ্মি ও ইলেকট্রনের আবিষ্কার

নিম্নলিখিত পরীক্ষার দ্বারা ইলেকট্রন আবিষ্কৃত হয়:

একটি বেলনাকৃতি কাচের নলের দুই প্রান্তে দুইটি প্লাটিনাম তড়িদ্দ্বার লাগান আছে। নলের মাঝামাঝি জায়গায় স্টপককযুক্ত পার্শ্বনল আছে। পার্শ্বনল দিয়া কাচনলের অভ্যন্তরস্থ বায়ু পাম্পের সাহায্যে প্রয়োজন মত বাহির করা যায়। তড়িদ্দ্বার দুইটি উচ্চ বিভবসম্পন্ন কোষের দুইপ্রান্তে যুক্ত থাকে। কোষের ঋণাত্মক মেরু যে-তড়িদ্দ্বারের সঙ্গে যুক্ত তাহা ক্যাথোড এবং যে-তড়িদ্দ্বার কোষের ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তাহা অ্যানোড। এখন কাচনলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর চাপ 0·02 mm পারদের চাপের

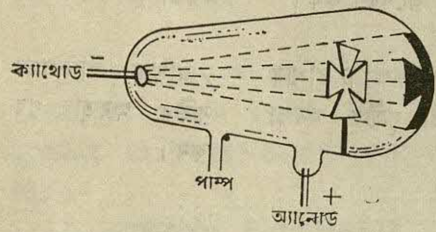


চিত্র 1.6

সমান করিয়া তড়িদ্দ্বার দুইটি উচ্চ বিভবসম্পন্ন কোষের সহিত যুক্ত করিলে এক প্রকার রশ্মি ক্যাথোড হইতে উহার বিপরীত দিকে ধাবিত হয় এবং কাচপাত্রে পড়িলে ঔজ্জ্বল্যের সৃষ্টি করে। ইহাকে ক্যাথোড-রশ্মি বলে (চিত্র 1.6)।

1.17 ক্যাথোড-রশ্মির ধর্ম (Properties of Cathode ray)

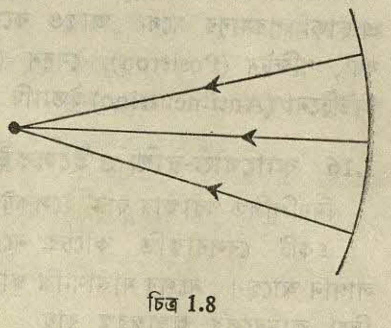
1. এই রশ্মি সরলরেখায় চলে। ইহার গতিপথে একটি অভেদ্য বস্তু রাখিলে ক্যাথোডের বিপরীত দিকে উহার একটি ছায়া (shadow) পড়ে। চিত্রে একটি বিশেষ ধরনের ক্যাথোড-রশ্মি নল দেখানো হইয়াছে। এই ক্ষেত্রে অ্যানোডের সামনে '+'-এর ন্যায় অভ্রের পাত নলের মাঝখানে রাখা আছে (চিত্র 1.7)। যখন ক্যাথোড-রশ্মি নির্গত হয় তখন অভ্র-পাতের ছায়া অ্যানোডের দিকে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, ক্যাথোড-রশ্মি সরলরেখায় গমন করে।



চিত্র 1.7

2. ক্যাথোড-রশ্মি ক্যাথোডের তল হইতে লম্বভাবে নির্গত হয়। যদি ক্যাথোডের আকার অবতল হয়, তাহা হইলে রশ্মি একটি বিন্দুতে মিলিত হয়। ইহা হইতেই প্রমাণিত হয় যে, ক্যাথোড-রশ্মি ক্যাথোড হইতে লম্বভাবে নির্গত হয় (চিত্র 1.8)।

3. ক্যাথোড-রশ্মি কোনও বস্তুর উপর পড়িলে উহা উত্তপ্ত হইয়া যায়। অবতল ক্যাথোড হইতে ক্যাথোড-রশ্মি যে-বিন্দুতে মিলিত হয় সেখানে একটি প্লাটিনাম তার রাখিয়া দিলে উহা উত্তপ্ত হইয়া লাল হইয়া যায়।



চিত্র 1.8

4. ক্যাথোড-রশ্মির ভরবেগ বর্তমান। ক্যাথোড-রশ্মির গতিপথে একটি অভ্রের চাকা যদি এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ক্যাথোড-রশ্মি চাকার উপরের অংশে আপতিত হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, চাকাটি নিজের অক্ষের চারিদিকে ঘুরিতেছে। সুতরাং ক্যাথোড-রশ্মির ভরবেগ বর্তমান। অর্থাৎ ক্যাথোড-রশ্মির ভর এবং বেগ দুইই বর্তমান। সুতরাং ইহা নির্দিষ্ট ভরবিশিষ্ট কণার সমষ্টি।

5. ক্যাথোড-রশ্মি কোন গ্যাসের উপর আপতিত হইলে গ্যাসটিকে আয়নিত করে।

6. ক্যাথোড-রশ্মি তড়িৎ এবং চুম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। বিক্ষেপের প্রকৃতি দেখিয়া বুঝা যায় যে, ক্যাথোড-রশ্মি ঋণাত্মক আধানযুক্ত।

7. ইহা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে।

8. অনুপ্রভ বস্তুর উপর আপতিত হইলে বস্তু হইতে উজ্জ্বল আলো নির্গত হয়।

9. ক্যাথোড-রশ্মির গতিপথে উপস্থিত বস্তু অপরা (ঋণাত্মক) তড়িদাধানে আহিত হয়।

10. ক্যাথোড-রশ্মি রাসায়নিক পরিবর্তন সাধন করে। ক্যাথোড-রশ্মির বিজারণ ক্ষমতা আছে।

11. ক্যাথোড-রশ্মি কোনও কঠিন বাধার উপর আপতিত হইলে সেই বাধা হইতে উচ্চ ভেদনক্ষমতাসম্পন্ন নূতন ধরনের বিকিরণ নির্গত হয়। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, ক্যাথোড রশ্মি টাংস্টেনের উপর আপতিত হইলে উচ্চ ভেদন-ক্ষমতাসম্পন্ন X-রশ্মি বিকিরিত হয়।

12. ক্যাথোড-রশ্মি পাতলা ধাতব পাত ভেদ করিতে পারে।

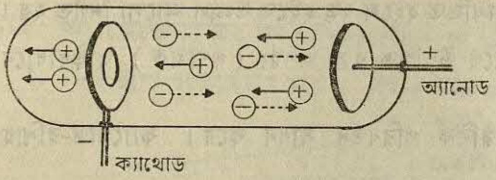
আমরা আগেই দেখিয়াছি ক্যাথোড-রশ্মির ভরবেগ (momentum) আছে। আসলে ক্যাথোড-রশ্মি ঋণাত্মক তড়িৎ-কণার দ্বারা গঠিত—ইহা নিম্নলিখিত উপায়ে প্রমাণ করা যায়।

ক্যাথোড-রশ্মির গতিপথে একটি শক্তিশালী চুম্বক ক্ষেত্র সমকোণে রাখিলে ক্যাথোড-রশ্মির দ্বারা সৃষ্ট প্রতিপ্রভা (যাহা অ্যানোডের কাছে সৃষ্টি হয়) অন্য-দিকে সরিয়া যায়। ক্যাথোড-রশ্মি তড়িৎ-প্রবাহ সৃষ্টি করে। চুম্বক ক্ষেত্রে ইহার বিক্ষেপণ লক্ষ্য করিয়া ফ্লেমিং-এর বামহস্ত সূত্র প্রয়োগ করিলে বুঝা যাইবে যে, ইহা ঋণাত্মক তড়িৎ-কণার দ্বারা গঠিত। সুতরাং, ক্যাথোড-রশ্মি অপরা আধানযুক্ত গতিশীল কণা ছাড়া আর কিছুই নয়।

ক্যাথোড-রশ্মির বিভিন্ন ধর্ম বিশ্লেষণ করিয়া জে. জে. টমসন 1897 খ্রীস্টাব্দে দেখান যে. ক্যাথোড-রশ্মি অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অপরা-তড়িৎযুক্ত কণার সমষ্টি। তিনি এই অপরা-তড়িৎযুক্ত কণার নাম দেন ইলেকট্রন। নিম্নচাপযুক্ত কাচনলে বিভিন্ন গ্যাস এবং বিভিন্ন পদার্থের ক্যাথোড লইয়া দেখা গিয়াছে যে, একই প্রকৃতির কণা ক্যাথোড হইতে নিঃসৃত হয়। সুতরাং বলা যায়, এই ইলেকট্রন সমস্ত পদার্থের পরমাণুতে বর্তমান। একটি ইলেকট্রন কণার ভর $9{\cdot}11\times10^{-28}$ গ্রাম এবং একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর 1837 ভাগের একভাগ। তাই ইলেকট্রনের ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের তুলনায় নগণ্য। ইলেকট্রনের ব্যাস $3{\cdot}75\times10^{-13}$ সেমি. এবং তড়িৎ আধান $-4{\cdot}80\times10^{-10}$ e. s. u. বা $-1{\cdot}602\times10^{-19}$ কুলম্ব। ইলেক-ট্রনের তড়িৎ-মাত্রা এবং ভরের অনুপাত (e/m) সর্বদাই সমান এবং ইহার মান $5{\cdot}2\times10^{17}$ e. s. u./gm।

1.18 পরারশ্মি ও প্রোটন

বিজ্ঞানী গোল্ডস্টাইন দেখান যে, খুব নিম্নচাপযুক্ত কাচনলের মধ্যে তড়িৎ-মোক্ষণের ফলে যখন ক্যাথোড-রশ্মির সৃষ্টি হয় তখন আরও একটি রশ্মির সন্ধান পাওয়া যায়। যদি ছিদ্রযুক্ত ক্যাথোড ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে সেই ছিদ্রের মধ্য দিয়া ক্যাথোড-রশ্মির বিপরীত দিকে আর এক রশ্মিকে প্রবাহিত হইতে দেখা যায়।



চিত্র 1.9

এই রশ্মির নাম **পরারশ্মি (Positive rays)** (চিত্র 1.9)।

1.19 পরারশ্মির ধর্ম

বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে, (1) পরারশ্মি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পরাতড়িৎযুক্ত কণার সমষ্টি।

(2) বিভিন্ন গ্যাস এবং বিভিন্ন তড়িদ্‌দ্বার লইয়া পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, কণাগুলির তড়িৎ-মাত্রা ও ভরের অনুপাত (e/m) ধ্রুবক নহে। ইহার মান ব্যবহৃত গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে বিভিন্ন ভর ও আধানযুক্ত পরাতড়িৎ-বাহী কণার সৃষ্টি হয়।

(3) ইহা চুম্বক এবং তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়।

(4) পরারশ্মি ক্যাথোড-রশ্মির তুলনায় অতি মন্থর গতিসম্পন্ন। নিম্নচাপযুক্ত হাইড্রোজেন গ্যাসের ক্ষেত্রে যে-পরাতড়িৎগ্রস্ত কণা পাওয়া যায় তাহার নাম দেওয়া হইয়াছে প্রোটন (Proton)। প্রোটনের ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের সমান। প্রোটনের অপেক্ষা হালকা পরাতড়িৎযুক্ত কণা দেখা যায় না এবং দেখা গিয়াছে যে, অন্যান্য ক্ষেত্রে ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাগুলির ভর প্রোটনের ভরের সরল গুণিতক। সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে, ইলেকট্রনের মত প্রোটনও পরমাণুর একটি মূল কণা। একটি প্রোটনের ভর $1{\cdot}675\times10^{-24}$ গ্রাম। প্রোটনের ব্যাস $2{\cdot}8\times10^{-13}$ সেমি.। প্রোটনে তড়িদাধানের পরিমাণ $+4{\cdot}802\times10^{-10}$ e. s. u. অথবা $+1{\cdot}602\times10^{-19}$ কুলম্ব। অর্থাৎ প্রোটনের তড়িদাধান ইলেকট্রনের তড়িদাধানের সমান এবং বিপরীতধর্মী।

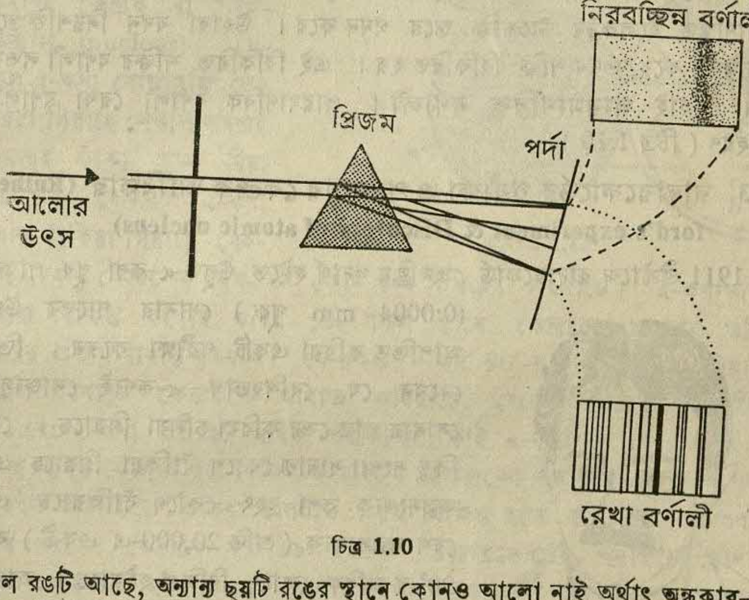
1.20 নিউট্রন (Neutron)

1932 খ্রীস্টাব্দে স্যাডউইক (Chadwick) নিউট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। যদিও ইহার পূর্বে রাদারফোর্ড নিউট্রনের অস্তিত্ব সম্পর্কে কল্পনা করিয়াছিলেন। বেরিলিয়াম (Be) পরমাণুকে α-কণার দ্বারা আঘাত করিলে ইহা হইতে একরকম কণা বাহির হয়। দেখা গিয়াছে যে, এই কণাগুলি তড়িৎ-নিরপেক্ষ এবং একটি কণার ভর প্রোটন বা হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের সমান। এই কণাগুলির নাম

দেওয়া হইয়াছে নিউট্রন। একমাত্র সাধারণ হাইড্রোজেন পরমাণু ছাড়া অন্য সকল মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে নিউট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইয়াছে। সুতরাং নিউট্রনও পরমাণুর একটি মৌলিক কণা। নিউট্রনের ভর $1{\cdot}675 \times 10^{-24}$ gm, ব্যাস $2{\cdot}8 \times 10^{-13}$ cm।

1.21 বর্ণালী (Spectrum)

পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞান লাভ করিতে হইলে আমাদের বর্ণালী (spectrum) সম্বন্ধে জ্ঞান থাকা দরকার। আমরা সবাই জানি, সূর্যরশ্মি যদি প্রিজ্‌মের মধ্য দিয়া পাঠান যায় তাহা হইলে ইহা সাতটি বর্ণে বিভাজিত হইয়া যায়। এই সাতটি রঙের সমন্বয়কে আমরা সূর্যরশ্মির বর্ণালী বলি। বর্ণালী দুই রকমের হইতে পারে, যেমন **নির্গমন বর্ণালী** (emission spectrum) এবং **শোষণ বর্ণালী** (absorption spectrum)। উল্লিখিত সূর্যরশ্মির বর্ণালী হইল নির্গমন বর্ণালী (emission spectrum)। যদি এই সূর্যরশ্মিকে কোন লালরঙের দ্রবণের মধ্য দিয়া পাঠান হয় এবং পরে বর্ণালী লওয়া হয় তখন দেখা যাইবে বর্ণালীতে কেবলমাত্র



চিত্র 1.10

লাল রঙটি আছে, অন্যান্য ছয়টি রঙের স্থানে কোনও আলো নাই অর্থাৎ অন্ধকার-এর সৃষ্টি হইয়াছে। এই ধরনের বর্ণালীকে বলা হয় **শোষণ বর্ণালী** (absorption spectrum)। সুতরাং, কোনও বর্ণালীর মধ্যে যদি কালো স্থান থাকে তখন বুঝিতে হইবে ঐ সকল স্থানে আলোক-শক্তি অনুপস্থিত। আলোক-শক্তি অনুপস্থিত আছে এই ধরনের বর্ণালীকে বলা হয় **অবচ্ছিন্ন বর্ণালী** (discontinuous spectrum) অথবা **রেখা বর্ণালী** (line spectrum), অপরপক্ষে বর্ণালীর সকল স্থানে যদি

আলোক-শক্তি থাকে তাহাকে বলা হয় **নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী** (continuous spectrum) (চিত্র 1.10)।

এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা দরকার যে, বর্ণালী সবসময়ে যে খালি চোখে দেখা যাইবে তাহা নহে। যে-সকল রশ্মি আমরা খালি চোখে দেখিতে পাই না (যেমন অতিবেগুনি রশ্মি), তাহাদের বর্ণালী লইতে হইলে ফটোগ্রাফিক প্লেটের সাহায্য লইতে হয়। ফটোগ্রাফিক প্লেটের সাহায্যে আলোকচিত্র তুলিয়া বুঝা যাইবে কোনও বর্ণালী নিরবচ্ছিন্ন (continuous) অথবা অবচ্ছিন্ন (discontinuous) কিনা। সুতরাং যে-ব্যাপারটা আমাদের পরিষ্কার জানিয়া রাখা দরকার তাহা হইল (1) নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালীতে সর্বত্রই আলোক-শক্তি উপস্থিত, (2) অবচ্ছিন্ন বর্ণালীতে স্থানে স্থানে আলোক-শক্তি অনুপস্থিত অর্থাৎ হয় আলোক-শক্তি উৎস হইতে আসে নাই অথবা কোনও মাধ্যমের মধ্য দিয়া আসিবার সময় নির্দিষ্ট আলোক-শক্তিটি শোষিত হইয়াছে। পারমাণবিক বর্ণালী সবসময়েই অদৃশ্য নির্গমন বর্ণালী।

1.22 পারমাণবিক বর্ণালী

পরমাণুকে উপযুক্ত পরিমাণ শক্তি প্রয়োগে উত্তেজিত করিয়া যে-বর্ণালী পাওয়া যায় তাহাকে পারমাণবিক বর্ণালী (atomic spectra) বলে। উত্তেজিত করিলে পরমাণুস্থিত ইলেকট্রন উচ্চশক্তি স্তরে গমন করে। উহারা যখন নিম্নশক্তিস্তরে প্রত্যাবর্তন করে, তখন শক্তি বিকিরিত হয়। এই বিকিরিত শক্তির বর্ণালী লওয়া হয়। ইহাই **পারমাণবিক বর্ণালী**। পারমাণবিক বর্ণালী রেখা বর্ণালীর উদাহরণ (চিত্র 1.10)।

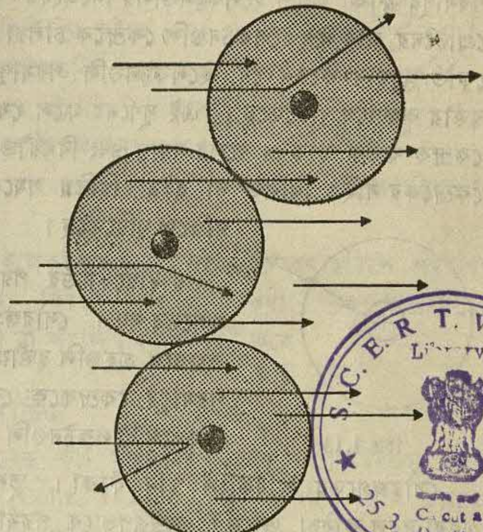
1.23 রাদারফোর্ডের পরীক্ষা ও পরমাণুর কেন্দ্রক আবিষ্কার (Rutherford's experiment & Discovery of atomic nucleus)

1911 খ্রীস্টাব্দে রাদারফোর্ড তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে উদ্ভূত α-কণা খুব পাতলা (0·0004 mm পুরু) সোনার পাতের উপর আপতিত করিয়া একটি পরীক্ষা করেন। তিনি দেখেন যে, বেশিরভাগ α-কণাই সোজাসুজি সোনার পাত ভেদ করিয়া চলিয়া গিয়াছে। বেশ কিছু সংখ্যা সামান্য কোণে বাঁকিয়া গিয়াছে এবং অল্পসংখ্যক কণা বৃহৎ কোণে বাঁকিয়াছে এবং বেশ অল্পসংখ্যক (প্রতি 20,000-এ একটি) কণা 90°-র অধিক কোণে বিক্ষিপ্ত হইয়াছে। আবার কোনটি 180° কোণে বিক্ষিপ্ত হইয়াছে (চিত্র 1.12)। আমরা জানি α-কণা হইল ধনাত্মক আধানযুক্ত হিলিয়াম পরমাণু। সুতরাং সোনার পাতটির যে-স্থান দিয়া α-কণা অবিক্ষিপ্ত ভাবে চলিয়া গিয়াছে সেই সকল স্থানে কোন ধনাত্মক তড়িৎ ক্ষেত্র নাই বা অন্য কোনও



চিত্র 1.11 রাদারফোর্ড

বাধা নাই। যে-সকল স্থানে α-কণা সামান্য বাঁকিয়া গিয়াছে সেই সকল স্থানে অবশ্যই মৃদু ধনাত্মক তড়িৎ ক্ষেত্র বর্তমান। যে-সকল স্থানে α-কণা 90°-র অধিক বা 180° কোণে বাঁকিয়া গিয়াছে সেই সকল স্থানে তীব্র ধনাত্মক তড়িৎ ক্ষেত্র বর্তমান। আমরা যদি ধরিয়া লই যে, পরমাণুর মধ্যে একটি বিশেষ অঞ্চল আছে যেখানে পরমাণুর ভরের বেশির ভাগ অংশই ধনাত্মক আধানযুক্ত হইয়া কেন্দ্রীভূত হইয়া আছে এবং পরমাণুর বাকী অংশ ফাঁকা, তাহা হইলেই রাদারফোর্ডের পরীক্ষালব্ধ পর্যবেক্ষণকে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। রাদারফোর্ড এই বিশেষ স্থানটির নাম দেন পরমাণুর কেন্দ্রক বা **নিউক্লিয়াস** (nucleus)। যে-সকল α-কণা সোজাসুজি ভেদ করিয়া গিয়াছে সেগুলি অবশ্যই পরমাণুর ফাঁকা স্থান দিয়া গিয়াছে। যে-সকল α-কণা সামান্য বাঁকিয়া গিয়াছে সেইগুলি পরমাণু কেন্দ্রকের নিকটবর্তী কোন স্থান অতিক্রম করিয়াছে। α-কণাগুলির সামান্য বিক্ষিপ্ত হইবার কারণ সেই সকল স্থানে কেন্দ্রকের ধনাত্মক তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রভাব সামান্য বর্তমান। যে-সকল α-কণা 90°-র উপর বাঁকিয়া গিয়াছে সেগুলি পরমাণুর কেন্দ্রককে আঘাত করিয়াছে, যেহেতু কেন্দ্রক পরাতড়িৎযুক্ত এবং α-কণা অপেক্ষা অধিক ভরবিশিষ্ট, তাই α-কণাগুলি বিপরীত দিকে 90°-র অধিক কোণ করিয়া বিক্ষিপ্ত হইয়াছে। কেন্দ্রকের ভর যদি α-কণা অপেক্ষা কম হইত তাহা হইলে α-কণা বিপরীত দিকে বিক্ষিপ্ত হইত না, কারণ α-কণার নিজস্ব ভরবেগ কেন্দ্রকে সঞ্চারিত হইত। রাদারফোর্ডের পরীক্ষায় সোনার পাত ব্যবহার করা হইয়াছিল। সোনার পরমাণুর কেন্দ্রকের ভর α-কণা অপেক্ষা অনেক বেশি, তাই α-কণা বাঁকিয়া গিয়াছিল (180° কোণ)।

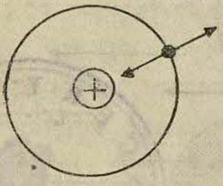


চিত্র 1.12

1.24 রাদারফোর্ডের পারমাণবিক গঠন চিত্র (Atomic model of Rutherford)

পরমাণুর কেন্দ্রক আবিষ্কার হইবার পর পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে রাদারফোর্ড একটি ধারণা দেন। তাঁহার মতে পরমাণুর দুইটি অংশ। প্রথমটি কেন্দ্রক এবং দ্বিতীয়টি ইলেকট্রন বেষ্টনী। কেন্দ্রকে অল্প পরিসর ব্যাপিয়া অধিকতর ভরযুক্ত পরাতড়িৎ-

বিশিষ্ট অংশ কেন্দ্রীভূত হইয়া আছে। অর্থাৎ কেন্দ্র নিউট্রন এবং প্রোটন দিয়া গঠিত। পরমাণু যেহেতু তড়িৎ-নিরপেক্ষ সেইহেতু কেন্দ্রকে উপস্থিত প্রোটন সংখ্যার সমসংখ্যক ইলেকট্রন পরমাণুর ফাঁকা স্থান দখল করিয়া আছে। আবার আমরা জানি, একটি প্রোটনের ভর একটি ইলেকট্রন ভরের 1837 গুণ। সুতরাং পরমাণুর ফাঁকা অংশে ইলেকট্রনগুলির নিজেদের অস্তিত্ব বজায় রাখা সম্ভব নয়। প্রোটনের আকর্ষণে ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রকে চলিয়া আসিতে বাধ্য। তাই রাদারফোর্ড অনুমান করেন যে, ইলেকট্রনগুলি পরমাণুর কেন্দ্রকের চারিদিকে নির্দিষ্ট বৃত্তীয় কক্ষপথে ঘুরিতেছে। এই ঘূর্ণনের ফলে যে-কেন্দ্রাতিগ বল সৃষ্টি হয় তাহা কেন্দ্রক-কর্তৃক আকর্ষণ বলের সমান এবং বিপরীত (চিত্র 1.13)। তাই ইলেকট্রন কেন্দ্রকের সহিত মিলিত না হইয়া বিভিন্ন সমকেন্দ্রিক বৃত্তীয় কক্ষপথে অবিরাম গতিতে ঘুরিতেছে।



চিত্র 1.13

রাদারফোর্ডের পরমাণুর গঠন চিত্র অনেকটা সৌর-জগতের মত। সৌরজগতে সূর্যকে কেন্দ্র করিয়া বিভিন্ন কক্ষপথে গ্রহগুলি বৃত্তীয় পথে ঘুরিতেছে। অনুরূপভাবে পরমাণুর কেন্দ্রককে কেন্দ্র করিয়া সমকেন্দ্রিক বৃত্তীয় কক্ষপথে ইলেকট্রনগুলি ঘুরিতেছে (চিত্র 1.13)।

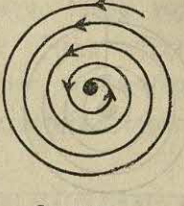
সৌরজগতের অধিকাংশ স্থান ফাঁকা। তুলনামূলকভাবে অল্প স্থান সূর্য এবং গ্রহরা দখল করিয়া আছে। অনুরূপভাবে পরমাণুর অধিকাংশ স্থান ফাঁকা এবং অল্প স্থান ইলেকট্রন এবং কেন্দ্রক দখল করিয়া আছে। গ্রহের তুলনায় সূর্যের আয়তন এবং ভর যেমন অনেক বেশি, ইলেকট্রনের তুলনায় কেন্দ্রকের আয়তন এবং ভর অনেক বেশি। সৌরজগতে গ্রহগুলির বৃত্তীয় গতির ফলে সৃষ্ট কেন্দ্রাতিগ বল গ্রহের উপর সূর্যের অভিকর্ষজনিত আকর্ষণ বলের সমান এবং বিপরীত। তাহার ফলে গ্রহগুলি কোন সময়েই সূর্যের সহিত মিলিত হয় না। তবে পরমাণুর গঠনের সঙ্গে সৌরজগতের গঠনের অনেক অমিলও আছে। সৌরজগতে গ্রহ এবং সূর্য তড়িদাহিত নহে। একটি কক্ষপথে কেবল একটি গ্রহ থাকিবে কিন্তু পরমাণুর কক্ষপথে একাধিক ইলেকট্রন থকিতে পারে। গ্রহ এবং সূর্যের মধ্যে আকর্ষণ হইল অভিকর্ষজ আকর্ষণ, অপরপক্ষে ইলেকট্রন এবং কেন্দ্রকের মধ্যে আকর্ষণ হইল তড়িদাকর্ষণ। সকল গ্রহের ভর সমান নহে, গ্রহগুলির উপগ্রহ থাকিতে পারে।

সুতরাং রাদারফোর্ডের পরমাণুর গঠন চিত্রানুসারে পরমাণুর দুইটি অংশ—(1) কেন্দ্রক, যেখানে নিউট্রন এবং প্রোটন বর্তমান; (2) ইলেকট্রন বেষ্টনী, যাহা বৃত্তাকার এবং যাহাতে ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রককে কেন্দ্র করিয়া অবিরাম গতিতে ঘুরিতেছে।

1.25 রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্রের ত্রুটি

রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্র স্বীকার করিয়া লইলে আমরা নিম্নলিখিত ঘটনাগুলি ব্যাখ্যা করিতে পারিব না।

(1) রাদারফোর্ড বলিয়াছেন যে, পরমাণুর কেন্দ্রকের চারিধারে ইলেকট্রনগুলি ঘুরিতেছে। এই ঘূর্ণনের ফলে যে-কেন্দ্রাতিগ বল সৃষ্টি হয় তাহা নিউক্লিয়াস-কর্তৃক স্থির তড়িদাকর্ষণ বলের সমান এবং বিপরীত। কিন্তু ইলেকট্রনগুলি তড়িৎগ্রস্ত বলিয়া ঘূর্ণায়মান থাকিলে সর্বদা উহাদের শক্তি ক্ষয় হইবে এবং সেই শক্তি বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গরূপে বিকিরিত হইবে এবং নিরন্তর শক্তিক্ষয়ের ফলে ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রকের অভিমুখে ধাবিত হইয়া উহার উপর ঝাঁপাইয়া পড়িবে (চিত্র 1.14)। সুতরাং পরমাণুতে ইলেকট্রনের কোন অস্তিত্ব থাকার কথা নয়। কিন্তু পরমাণুতে ইলেকট্রনের অস্তিত্ব সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত হইয়াছে।



চিত্র 1.14

(2) তাহা ছাড়া ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন অবিরাম শক্তি বিকিরণ করিলে পরমাণুর যে-বর্ণালী পাওয়া যাইবে তাহা নিরবচ্ছিন্ন হওয়ার কথা, কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে পারমাণবিক বর্ণালী রেখা বর্ণালী বা অবচ্ছিন্ন বর্ণালী সৃষ্টি করে।

1.26 বোরের পরমাণু গঠন চিত্র

রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্রের ত্রুটি সংশোধন করেন বিখ্যাত বিজ্ঞানী বোর (Bohr, 1913)। এই ব্যাপারে তিনি প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্য নেন। বোরের মতে—



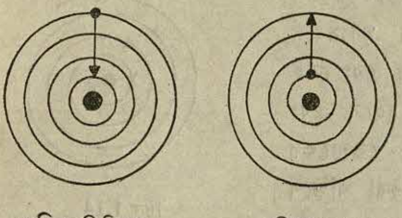
চিত্র 1.15 নীল্‌স বোর

(1) কতকগুলি নির্দিষ্ট মানের ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষপথে কেন্দ্রকের চারিধারে ইলেকট্রনগুলি আবর্তন করে। বোর এই কক্ষপথগুলির নাম দেন স্থির কক্ষপথ (stationary orbit) বা শক্তিস্তর (energy level)। কেন্দ্রক হইতে দূরত্ব অনুসারে এই কক্ষপথগুলিকে 1, 2, 3...... দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(2) ইলেকট্রনগুলি স্থির কক্ষপথে আবর্তন করিলে শক্তির বিকিরণ অথবা শোষণ হয় না অর্থাৎ পরমাণুর আভ্যন্তরীণ শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না।

(3) ইলেকট্রন উচ্চ শক্তিস্তর হইতে নিম্ন শক্তিস্তরে আসিলে শক্তি বিকিরিত হইবে, আবার নিম্ন শক্তিস্তর হইতে উচ্চ শক্তিস্তরে গমন করিলে শক্তি শোষিত হইবে (চিত্র 1.16)। অন্যভাবে বলা যায়, যদি কোন পরমাণুতে শক্তি (energy) প্রয়োগ করা হয় তাহা হইলে পরমাণুর ইলেকট্রন নিম্ন শক্তিস্তর থেকে উচ্চ শক্তিস্তরে গমন করিবে। এই ইলেকট্রন পরে নিম্ন শক্তিস্তরে ফিরিবার সময় সমপরিমাণ শক্তি বিকিরণ করিবে।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কেন্দ্রক হইতে দূরত্ব অনুসারে শক্তিস্তরগুলিকে 1, 2, 3 ইত্যাদি সংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এই সংখ্যাকে মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা (principal quantum number) বলে। মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যাকে n-দ্বারা সূচিত করা হয়। যদি $n=1$ হয় তখন শক্তিস্তরকে K-স্তরও বলা হয়। $n=2$ হইলে নির্দিষ্ট শক্তিস্তরকে L-স্তর বলা হয়। অনুরূপভাবে, 3, 4 ইত্যাদি শক্তিস্তরকে M, N ইত্যাদি নামকরণও করা হয়।

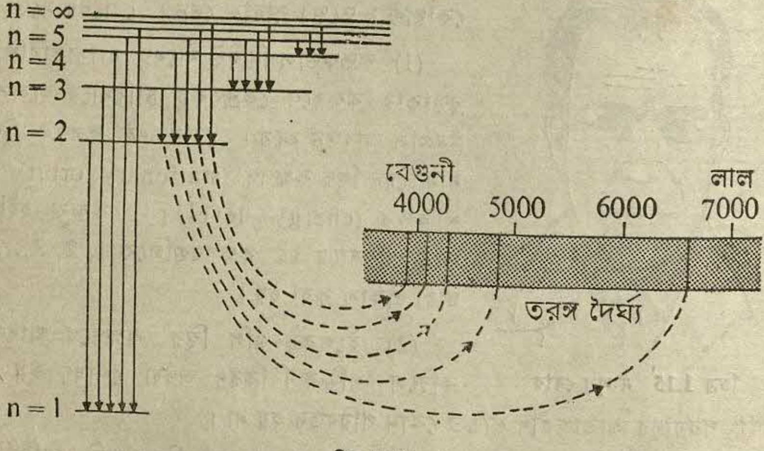


শক্তির বিকিরণ শক্তির শোষণ

চিত্র 1.16

গণনা অনুযায়ী, n-তম শক্তিস্তরে একটি ইলেকট্রনের শক্তি $E_n=-\frac{2\pi^2 me^4}{n^2h^2}$।
যখন m=একটি ইলেকট্রনের ভর, e=একটি ইলেকট্রনের তড়িদাধান, n=মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা, h=প্লাঙ্ক ধ্রুবক।

এখন দেখা যাক্, বোরের পরমাণু চিত্র কিভাবে রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্রকে সংশোধন করিয়াছে। রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্রকে সত্য বলিয়া স্বীকার করিয়া লইলে আণবিক বর্ণালী নিরবচ্ছিন্ন হইবে।



চিত্র 1.17

বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায়, পারমাণবিক বর্ণালী অবচ্ছিন্ন (discontinuous)। বোরের পরমাণু চিত্র অনুসারে অবচ্ছিন্ন পারমাণবিক বর্ণালীকে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। ইলেকট্রন যখন একটি শক্তিস্তরে থাকে তখন উহা শক্তি শোষণ বা বর্জন করে না। উহা যখন একটি শক্তিস্তর হইতে আর একটি শক্তিস্তরে পৌঁছায় তখন শক্তি বিকিরণ বা শোষণ করে। বিভিন্ন শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের গমনাগমন খেপে খেপে

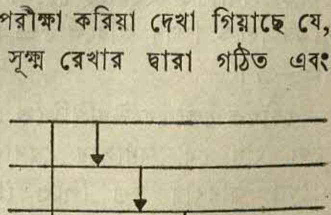
হয় বলিয়া পারমাণবিক বর্ণালী অবচ্ছিন্ন হয়। ধরা যাক, ইলেকট্রন চতুর্থ স্তরে অবস্থান করিতেছে। উহা যখন চতুর্থ স্তর হইতে তৃতীয় স্তরে আসিবে তখন কিছু পরিমাণ শক্তি বিকিরিত হইবে। আবার, চতুর্থ স্তর হইতে দ্বিতীয় স্তরে আসিলে কিছু পরিমাণ শক্তি বিকিরিত হইবে। অনুরূপভাবে, বিভিন্ন পরিমাণ শক্তি পর্যায়ক্রমে বিকিরিত হইতে থাকিবে। অর্থাৎ, পারমাণবিক বর্ণালী অবচ্ছিন্ন বর্ণালী হইবে (চিত্র 1.17)। চিত্র 1.17-এ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর গঠন দেখান হইয়াছে।

(4) আবার, রাদারফোর্ডের পারমাণবিক চিত্র স্বীকার করিয়া লইলে পরমাণুতে ইলেকট্রনের অস্তিত্ব থাকা সম্ভব নহে। কিন্তু সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত হইয়াছে যে, পরমাণুতে ইলেকট্রন উপস্থিত থাকে। বোরের পারমাণবিক চিত্র অনুসারে ইলেকট্রনগুলি যখন স্থায়ী শক্তিস্তরে পরিভ্রমণ করে তখন শক্তি শোষণ বা বর্জন হয় না। সুতরাং, ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রকে ঝাঁপাইয়া পড়ে না। অর্থাৎ পরমাণুতে ইলেকট্রনের অস্তিত্ব বজায় থাকে।

1.27 সোমারফিল্ডের পরমাণু গঠন চিত্র (Sommerfield's atomic model)

আমরা দেখিয়াছি বোরের পরমাণু চিত্র রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্রকে সংশোধন করিতে সমর্থ হইয়াছে। কিন্তু বোরের পারমাণবিক চিত্র হাইড্রোজেন পরমাণুর বর্ণালী ব্যাখ্যা করিতে সমর্থ হইলেও (চিত্র 1.17) উচ্চতর পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট পরমাণুর বর্ণালী ব্যাখ্যা করিতে পারে নাই। এই কারণে সোমারফিল্ড (Sommerfield) বোরের পরমাণু চিত্রকে সংশোধন করিয়া নূতন একটি পারমাণবিক গঠন চিত্র প্রদান করেন।

উচ্চ পারমাণবিক ভরযুক্ত মৌলের পারমাণবিক বর্ণালীও রেখা বর্ণালী অর্থাৎ অবচ্ছিন্ন বর্ণালী। কিন্তু খুব সতর্কভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, বর্ণালীর প্রত্যেকটি রেখা আবার কয়েকটি অতি সূক্ষ্ম রেখার দ্বারা গঠিত এবং দুইটি সূক্ষ্ম রেখার মধ্যে আলোকবিহীন অংশ বর্তমান। ইহাকে ব্যাখ্যা করিবার জন্য সোমারফিল্ড (1915) বোরের পরমাণু চিত্রকে সংশোধন করিয়া বলেন যে, প্রত্যেকটি মুখ্য শক্তিস্তরে বৃত্তাকার কক্ষ ব্যতীত উপবৃত্তাকার কক্ষ বর্তমান। উপবৃত্তাকার কক্ষপথের ক্ষেত্রে উহার নাভিতে (focus) কেন্দ্রক বর্তমান। তিনি এই কক্ষপথগুলির নাম দেন উপস্তর বা উপকক্ষ (subenergy level or sublevel)।



চিত্র 1.18

প্রত্যেকটি মুখ্য শক্তিস্তর যেমন **মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা** '*n*' দ্বারা সূচিত করা হয়, প্রত্যেকটি উপস্তর তেমন '*l*' দ্বারা সূচিত করা হয় এবং ইহাকে বলা হয়

সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা (subsidiary quantum number)। গণনার দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, $n=x$ হইলে 'l' 0 হইতে $x-1$ পর্যন্ত কতকগুলি মানের যে-কোন একটি গ্রহণ করিতে পারে। সূক্ষ্ম রেখাগুলি সৃষ্টি হয়, কারণ ইলেকট্রন একটি মুখ্যস্তর হইতে অন্য মুখ্যস্তরে যাইবার কালে পর্যায়ক্রমে একাধিক উপস্তর অতিক্রম করে (চিত্র 1.18)।

গণনার দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, উপবৃত্তাকার কক্ষপথে একটি ইলেকট্রনের শক্তির মান,

$$E=-\frac{2\pi^2 e^4 m}{(n_r+k)^2 h^2} \text{ যখন } n=k+n_r \text{ এবং } k=l+1$$

n_r=রেডিয়াল কোয়ান্টাম সংখ্যা, k=অ্যাজিমুথাল কোয়ান্টাম সংখ্যা এবং l=সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা।

আবার, ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, অতি সূক্ষ্ম রেখাগুলি সমদূরত্বে অবস্থিত প্রায় সমশক্তিসম্পন্ন রেখার দ্বারা গঠিত। ইহাকে ব্যাখ্যা করিবার জন্য উলেনবেক ও গাউডস্মিট (Uhlenbeck and Goudsmit, 1925) বলিলেন যে, কেন্দ্রকের চারিধারে বিভিন্ন কক্ষপথে আবর্তনকালে ইলেকট্রন-গুলি নিজ নিজ কক্ষপথে ঘড়ির গতির দিকে অথবা ঘড়ির গতির বিপরীতদিকে আবর্তন করে (spin)। ইহাকে বলা হয় 'স্পিন' করা। সুতরাং, ইলেকট্রন যখন কেন্দ্রকের চারিধারে আবর্তন করে তখন উৎপন্ন কৌণিক ভরবেগের সহিত নিজ কক্ষপথে আবর্তনকালে উৎপন্ন কৌণিক ভরবেগ যুক্ত হয় এবং গণনার দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, 'স্পিন' করার জন্য উৎপন্ন কৌণিক ভরবেগ P_S হইলে $P_S=\sqrt{s(s+1)}.\frac{h}{2\pi}$ যখন s=স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা। আবার গণনার দ্বারা ইহাও প্রমাণিত হইয়াছে যে, 's'-এর মান $+\frac{1}{2}$ এবং $-\frac{1}{2}$ হইতে পারে। ঘড়ির গতির দিকে স্পিন করিলে $s=+\frac{1}{2}$ এবং ঘড়ির বিপরীত দিকে স্পিন করিলে $s=-\frac{1}{2}$।

চৌম্বক ক্ষেত্রের উপস্থিতিতে কোন পরমাণুর পারমাণবিক বর্ণালী লওয়া হইলে দেখা যায় যে, বর্ণালীর রেখাগুলি আরও বিভক্ত হইয়া পড়িয়াছে। ইহাকে ব্যাখ্যা করিবার জন্য লিণ্ডে (Linde) বলেন যে, উপস্তরগুলির একটি বিশেষ বিন্যাসের জন্য ইহা সম্ভব। পরমাণুর কোন একটি উপস্তরকে চিহ্নিত করিতে আরও একটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন। তিনি ইহার নাম দেন চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা (Magnetic Quantum Number)। ইহাকে 'm' দ্বারা প্রকাশিত করা হয়। প্রমাণ করা যায় যে, নির্দিষ্ট 'l'-এর মানের জন্য 'm'-এর মান $-l, -l+1, \ldots\ldots 0, 1, 2 \ldots\ldots +l$ সংখ্যক মানের যে-কোন একটি হইতে পারে। গণনার দ্বারা প্রমাণ করা যায় চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ $P_Z=m\frac{h}{2\pi}$ যখন m=চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা। সুতরাং দেখা

যাইতেছে যে, ইলেকট্রনকে চিহ্নিত করিতে চারিটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন যথা n, l, m এবং s অর্থাৎ, পরমাণুতে একটি ইলেকট্রনকে সনাক্ত করিতে চারিটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন হয়।

1.28 বিভিন্ন কোয়ান্টাম সংখ্যার তাৎপর্য

1. মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা (n) : ইহার দ্বারা মুখ্য শক্তিস্তর চিহ্নিত করা হয় অর্থাৎ ইহা কেন্দ্রক হইতে ইলেকট্রনের দূরত্ব নির্দেশ করে। ইহার মান বৃদ্ধির সহিত কেন্দ্রক হইতে মুখ্য শক্তিস্তরের দূরত্ব বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় অর্থাৎ পরমাণুর ব্যাসার্ধ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। সুতরাং বলা যাইতে পারে, n মুখ্য শক্তিস্তরের ব্যাপ্তি (dimension) প্রকাশ করে। n-এর মান যথাক্রমে 1, 2, 3......ইত্যাদি হইতে পারে।

2. সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা (l) : ইহার দ্বারা বিভিন্ন উপশক্তিস্তরে বা উপকক্ষে অবস্থানকারী ইলেকট্রনকে চিহ্নিত করা হয়। 'l' দ্বারা বিভিন্ন উপশক্তিস্তরের আকৃতি সম্বন্ধে ধারণা হয়। নির্দিষ্ট মানের n-এর জন্য 'l'-এর মান 0 হইতে $(n-1)$-এর মধ্যে যে-কোন একটি হইবে। l-এর বিভিন্ন মানের মোট সংখ্যা 'n'-এর সমান।

3. চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা (m) : উপস্তরগুলি আবার কয়েকটি শক্তিস্তরে বিভক্ত। ইহাদিগকে বলা হয় **কক্ষক** বা **অরবাইটাল**। বিভিন্ন অরবাইটালে বা কক্ষতে উপস্থিত ইলেকট্রনকে 'm' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আবার 'm' বিভিন্ন কক্ষকের ত্রিমাত্রিক বিন্যাস প্রকাশ করে। l-এর নির্দিষ্ট মানের জন্য $m=0, \pm 1 \pm 2 \pm 3 \cdots \pm l$ হইতে পারে। অর্থাৎ 'm'-এর বিভিন্ন মানের মোট সংখ্যা$=(2l+1)$।

4. স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা (s) : পরমাণুর কেন্দ্রকের চারিধারে আবর্তন ছাড়া ইলেকট্রন নিজের কক্ষের চারিদিকে ঘড়ির গতির দিকে অথবা ঘড়ির গতির বিপরীত দিকে ঘুরিতে পারে। ইহাকে বলা হয় 'স্পিন' করা। ইলেকট্রনের 'স্পিন' বুঝাইবার জন্য 's' কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যবহৃত হয়। ইহার মান $+\frac{1}{2}$ এবং $-\frac{1}{2}$ হইতে পারে। সংক্ষেপে, n, l, m, যথাক্রমে একটি শক্তিস্তরের আয়তন, আকার এবং ত্রিমাত্রিক বিন্যাস নির্দেশ করে।

1.29 পাউলির বর্জন নীতি (Pauli's exclusion principle)

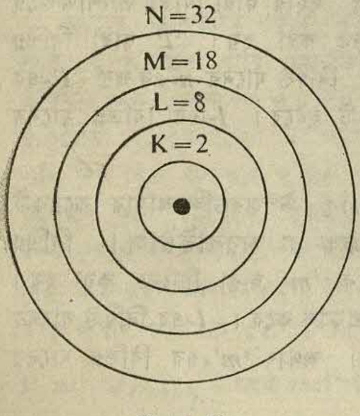
বিভিন্ন ইলেকট্রনের কোয়ান্টাম সংখ্যাগুলির মান এই নীতির দ্বারা নির্ধারিত হয়। নীতিটি হইল—একটি পরমাণুতে দুইটি ইলেকট্রনের সকল কোয়ান্টাম সংখ্যার মান সমান হইতে পারে না। ইহার অর্থ হইল একটি পরমাণুতে দুইটি ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে সর্বাপেক্ষা তিনটি (n, l, m) কোয়ান্টাম সংখ্যা সমান হইতে পারে। চতুর্থ কোয়ান্টাম সংখ্যা 's'-এর মান একটি ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে $+\frac{1}{2}$ হইলে অপরটির ক্ষেত্রে $-\frac{1}{2}$ হইবে। অন্যভাবে বলিতে গেলে একটি কক্ষকে দুইটি ইলেকট্রনের

স্পিন বিপরীত হইবে, অর্থাৎ একটি কক্ষকে সর্বাপেক্ষা বেশি দুইটি ইলেকট্রন অবস্থান করিতে পারিবে।

বর্তমানে এই নীতি অনুসরণ করিয়া বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস করা হয়, যদিও বোর বিভিন্ন মুখ্য শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের একটি ধারণা আগেই দিয়াছিলেন।

1.30 বোরের মতে বিভিন্ন মুখ্য শক্তিস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস (Distribution of electrons in different stationary orbits or shells according to Bohr)

আমরা পূর্বেই জানিয়াছি যে, পরমাণুর কেন্দ্রকের চারিধারে বৃত্তাকার শক্তিস্তর আছে। প্রথম স্তরকে K, দ্বিতীয় স্তরকে L, তৃতীয় স্তরকে M, চতুর্থ স্তরকে N ইত্যাদি দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বোরের মতে ইলেকট্রনগুলি $2n^2$ (n=মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা) সঙ্কেত অনুসরণ করিয়া পরমাণুতে সজ্জিত আছে। যখন $n=1$ অর্থাৎ K স্তরে ইলেকট্রনের সংখ্যা $2\times1^2=2$, যখন $n=2$ অর্থাৎ L স্তরে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা $2\times2^2=8$। অনুরূপভাবে M স্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা= $2\times3^2=18$। ইহা ছাড়া তিনি আরও বলেন যে, নিম্নতর কক্ষ অপূর্ণ রাখিয়া উচ্চতর কক্ষ ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইতে পারে না (চিত্র 1.19)।

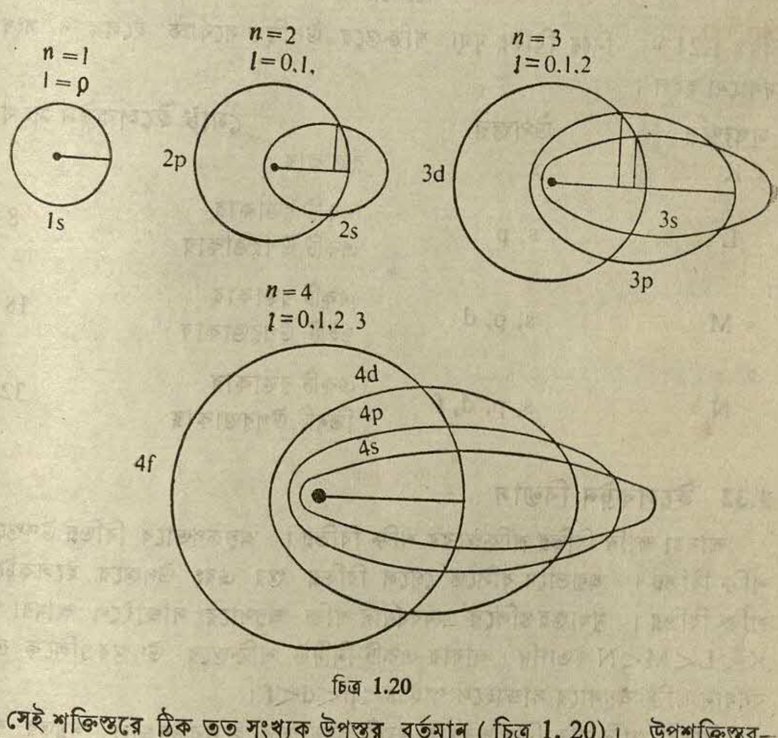


চিত্র 1. 19

1.31 সোমারফিল্ডের পরমাণুর চিত্র এবং বিভিন্ন মুখ্যস্তর এবং উপস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস (Distribution of electrons in shells & subshells)

সোমারফিল্ডের পরমাণু চিত্র থেকে আমরা পূর্বেই জানিয়াছি যে, কোনও মুখ্য শক্তিস্তরের অন্তর্বর্তী উপশক্তিস্তর বর্তমান। এই উপশক্তিস্তর বৃত্তাকার এবং উপবৃত্তাকার হইতে পারে। কোনও মুখ্য শক্তিস্তরে মাত্র দুইটি ইলেকট্রন বৃত্তাকার কক্ষপথে অবস্থান করিয়া আবর্তিত হয়। বাকীগুলি বিভিন্ন উপবৃত্তাকার কক্ষপথে অবস্থান করিয়া আবর্তিত হয়। একই মুখ্যস্তরে থাকার ফলে বিভিন্ন উপস্তরে অবস্থিত ইলেকট্রনগুলির শক্তি প্রায় সমান। পরমাণুর গঠন চিত্র বুঝাইবার জন্য উপকক্ষগুলিকে কয়েকটি ইংরেজী অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়, যথা—s, p, d, f ইত্যাদি। $l=0$ হইলে উপকক্ষটি 's' দ্বারা সূচিত হয়, $l=1$ হইলে 'p', $l=2$ হইলে

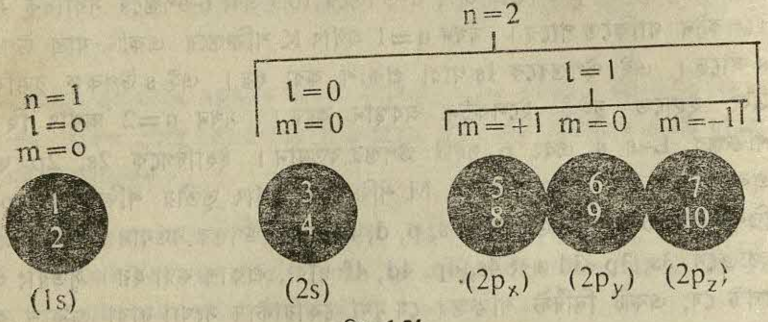
d এবং $l=3$ হইলে f দ্বারা সূচিত হয়। s উপস্তরে সর্বাধিক 2টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে। p উপস্তরে 6টি, d-উপস্তরে 10টি এবং f-উপস্তরে সর্বাধিক 14টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে। যখন $n=1$ অর্থাৎ K শক্তিস্তরে একটি মাত্র উপকক্ষ s আছে। এই উপস্তরকে 1s দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এই s উপকক্ষ বৃত্তাকার এবং ইহাতে দুইটি ইলেকট্রন অবস্থান করে। যখন $n=2$ অর্থাৎ দ্বিতীয় শক্তিস্তর L-এ s এবং p দুইটি উপস্তর বর্তমান। ইহাদিগকে 2s, 2p দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অনুরূপভাবে M শক্তিস্তরে অর্থাৎ তৃতীয় শক্তিস্তরে s, p, d তিনটি এবং চতুর্থ শক্তিস্তর N-এ s, p, d, f চারটি উপস্তর বর্তমান। ইহাদিগকে যথাক্রমে 3s, 3p, 3d এবং 4s, 4p, 4d, 4f দ্বারা, প্রকাশ করা হয়। সুতরাং ইহা স্পষ্ট যে, একটি নির্দিষ্ট শক্তিস্তর যে মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা



চিত্র 1.20

হয় সেই শক্তিস্তরে ঠিক তত সংখ্যক উপস্তর বর্তমান (চিত্র 1. 20)। উপশক্তিস্তর-গুলিও কতকগুলি শক্তিস্তরে বিভক্ত। এই শক্তিস্তরগুলিকে অরবাইটাল (orbital) বা কক্ষক বলে এবং প্রত্যেক অরবাইটালে দুইটি ইলেকট্রন থাকিতে পারে। s-উপশক্তিস্তর একটি অরবাইটাল দ্বারা গঠিত অবং উহাতে দুইটি ইলেকট্রন বর্তমান। p-উপশক্তিস্তর 3টি অরবাইটাল দ্বারা গঠিত। প্রতিটি অরবাইটালে দুইটি করিয়া মোট 6টি ইলেকট্রন বিদ্যমান। অনুরূপভাবে d এবং f উপশক্তিস্তর যথাক্রমে 5টি এবং 7টি অরবাইটাল দ্বারা গঠিত। d অরবাইটালে ইলেকট্রন

ধারণ-ক্ষমতা $5 \times 2 = 10$। f অরবাইটালে ইলেকট্রন ধারণ-ক্ষমতা $7 \times 2 = 14$



চিত্র 1.21

(চিত্র 1.21)। নিম্নে বিভিন্ন মুখ্য শক্তিস্তরে উপস্থিত সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা দেখানো হইল।

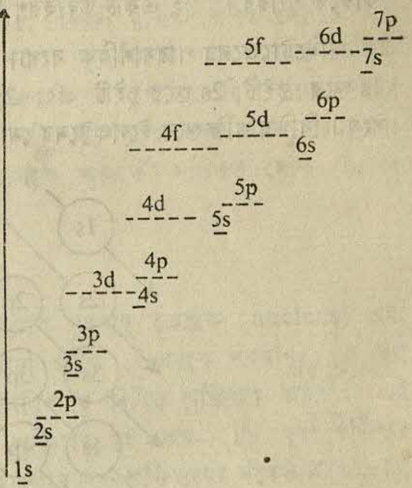
মুখ্যস্তর	উপস্তর		মোট ইলেকট্রন সংখ্যা
K	s	বৃত্তাকার	2
L	s, p	একটি বৃত্তাকার একটি উপবৃত্তাকার	8
M	s, p, d	একটি বৃত্তাকার দুইটি উপবৃত্তাকার	18
N	s, p, d, f	একটি বৃত্তাকার তিনটি উপবৃত্তাকার	32

1.32 ইলেকট্রন বিন্যাস

আমরা জানি বিভিন্ন শক্তিস্তরের শক্তি বিভিন্ন। অনুরূপভাবে বিভিন্ন উপস্তরের শক্তি বিভিন্ন। অন্যভাবে বলিতে গেলে বিভিন্ন স্তর এবং উপস্তরে ইলেকট্রনের শক্তি বিভিন্ন। মুখ্যস্তরগুলিকে ক্রমবর্ধমান শক্তি অনুসারে সাজাইলে আমরা পাই $K<L<M<N$ ইত্যাদি। আবার একটি নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে উপস্তরগুলিকে ক্রম-বর্ধমান শক্তি অনুসারে সাজাইলে পাই $s<p<d<f$।

আমরা জানি স্বাভাবিক অবস্থায় একটি পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলি নিম্নতর শক্তি সমন্বিত স্তরে উপস্তরে শক্তির ক্রমানুসারে সজ্জিত থাকে। অর্থাৎ প্রথম স্তর পূর্ণ করিয়া দ্বিতীয় স্তর দখল করে ; আবার দ্বিতীয় স্তর দখল করিবার পর তৃতীয় স্তর অধিকার করে। একটি নির্দিষ্ট মুখ্য শক্তিস্তরে উপস্তরগুলিও শক্তির ক্রমানুসার ইলেকট্রন-কর্তৃক অধিকৃত হয়। কিন্তু ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, বিভিন্ন উপশক্তি-স্তরের ক্ষেত্রে উপরে উল্লিখিত সঙ্কেত ($s<p<d<f$) খাটে না। অর্থাৎ তৃতীয় ($n=3$) মুখ্যস্তরের ক্ষেত্রে 3s-এর শক্তি 2p অপেক্ষা বেশি। আবার 5s-এর

শক্তি 3d অথবা 4p অপেক্ষা বেশি। সুতরাং উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট পরমাণুতে ইলেকট্রনের বিন্যাস জানিতে হইলে বিভিন্ন উপস্তরের শক্তির মান ক্রমবর্ধমান হিসাবে জানিতে হইবে। গাণিতিক গণনার দ্বারা বিভিন্ন উপস্তরে শক্তির মান বাহির করা সম্ভব এবং ইহাদের মান ক্রমবর্ধমান আকারে পার্শ্ববর্তী চিত্রে দেখান হইল (চিত্র 1. 22)।

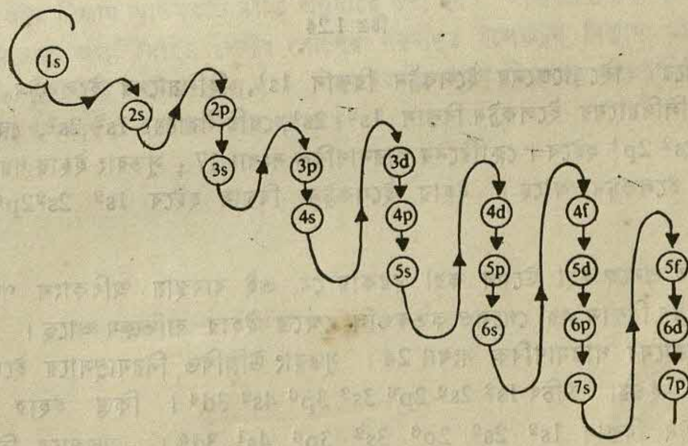


চিত্র 1.22

বিভিন্ন পরমাণুতে ইলেকট্রন ক্রমবর্ধমান শক্তি অনুসারে বিভিন্ন স্তরে এবং উপস্তরে সজ্জিত হয়। এই নীতিকে বলা হয় আউফবাউ নীতি (Aufbau principle)। যেহেতু সাধারণ অবস্থায় পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলি সর্বাপেক্ষা কম শক্তি সমন্বিত স্তর এবং উপস্তরে থাকে তাই এই অবস্থায় পরমাণুর শক্তি সর্বাপেক্ষা কম। ঐ অবস্থাকে স্বাভাবিক অবস্থা (ground state) বলে।

উপরে বর্ণিত ইলেকট্রন সজ্জাকে আমরা নিম্নলিখিত ভাবেও প্রকাশ করিতে পারি—

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d 7p 8s



চিত্র 1.23

মনে রাখার সুবিধার জন্য আমরা চিত্র 1.23 অথবা 1.24-এরও সাহায্য লইতে

1.33 মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নে দেওয়া হইল

মৌল	পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক	K n=1	L n=2		M n=3			N n=4				O n=5				P n=6				Q n=7	
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	6f	7s	7p
H	1	1																			
He	2	2																			
Li	3	2	1																		
Be	4	2	2																		
B	5	2	2	1																	
C	6	2	2	2																	
N	7	2	2	3																	
O	8	2	2	4																	
F	9	2	2	5																	
Ne	10	2	2	6																	
Na	11	2	2	6	1																
Mg	12	2	2	6	2																
Al	13	2	2	6	2	1															
Si	14	2	2	6	2	2															
P	15	2	2	6	2	3															
S	16	2	2	6	2	4															
Cl	17	2	2	6	2	5															
Ar	18	2	2	6	2	6															
K	19	2	2	6	2	6		1													
Ca	20	2	2	6	2	6		2													
Sc	21	2	2	6	2	6	1	2													
Ti	22	2	2	6	2	6	2	2													
V	23	2	2	6	2	6	3	2													
Cr	24	2	2	6	2	6	5	1													
Mn	25	2	2	6	2	6	5	2													
Fe	26	2	2	6	2	6	6	2													
Co	27	2	2	6	2	6	7	2													
Ni	28	2	2	6	2	6	8	2													
Cu	29	2	2	6	2	6	10	1													
Zn	30	2	2	6	2	6	10	2													
Ga	31	2	2	6	2	6	10	2	1												
Ge	32	2	2	6	2	6	10	2	2												
As	33	2	2	6	2	6	10	2	3												
Se	34	2	2	6	2	6	10	2	4												
Br	35	2	2	6	2	6	10	2	5												
Kr	36	2	2	6	2	6	10	2	6												
Rb	37	2	2	6	2	6	10	2	6			1									
Sr	38	2	2	6	2	6	10	2	6			2									
Y	39	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2									
Zr	40	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2									
Nb	41	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1									
Mo	42	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1									
Tc	43	2	2	6	2	6	10	2	6	5		2									
Ru	44	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1									
Rh	45	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1									
Pd	46	2	2	6	2	6	10	2	6	10		0									
Ag	47	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1									
Cd	48	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2									
In	49	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	1								
Sn	50	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	2								
Sb	51	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3								
Te	52	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	4								
I	53	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	5								
Xe	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6								

মৌল	পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক	K n=1	L n=2		M n=3			N n=4				O n=5				P n=6				Q n=7	
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	6f	7s	7p
Cs	55	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			1					
Ba	56	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			2					
La	57	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1		2					
Ce	58	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2	6	0		2					
Pr	59	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6	0		2					
Nd	60	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6	0		2					
Pm	61	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6	0		2					
Sm	62	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6	0		2					
Eu	63	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	0		2					
Gd	64	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1		2					
Tb	65	2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6	0		2					
Dy	66	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6	0		2					
Ho	67	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6	0		2					
Er	68	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6	0		2					
Tm	69	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6	0		2					
Yb	70	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	0		2					
Lu	71	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1		2					
Hf	72	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2		2					
Ta	73	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3		2					
W	74	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4		2					
Re	75	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5		2					
Os	76	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6		2					
Ir	77	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7		2					
Pt	78	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9		1					
Au	79	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		1					
Hg	80	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2					
Tl	81	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	1				
Pb	82	2	4	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	2				
Bi	83	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	3				
Po	84	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	4				
At	85	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	5				
Rn	86	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6				
Fr	87	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6			1	
Ra	88	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6			2	
Ac	89	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	1		2	
Th	90	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	6	2		2	
Pa	91	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1		2	
U	92	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1		2	
Np	93	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1		2	
Pu	94	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6	0		2	
Am	95	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	0		2	
Cm	96	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1		2	
Bk	97	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	9	2	6	0		2	
Cf	98	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6	0		2	
Es	99	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6	0		2	
Fm	100	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6	0		2	
Md	101	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6	0		2	
No	102	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	0		2	
Lw	103	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	1		2	
Ku	104	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	2		2	

পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, (1) পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা 8-এর বেশি নহে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে কেবলমাত্র 8-টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে (He ছাড়া)। অন্যান্য মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে ইহার সংখ্যা 1 – 7। তাছাড়া বাহিরের কক্ষের ঠিক নিচের কক্ষে 18-টির বেশি ইলেকট্রন থাকিতে পারে না।

(2) হিলিয়াম বাদে সকল নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বহিঃকক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা 8। হিলিয়াম-এর বহিঃকক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা 2। রাসায়নিকভাবে কম সক্রিয় বলিয়া হিলিয়াম (He), নিওন (Ne), আর্গন (Ar), ক্রিপটন (Kr), জেনন (Xe), রেডন (Rn) প্রভৃতি গ্যাসকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস বলা হয়। আবার যেহেতু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের ভূমিকা প্রধান, তাই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন কাঠামোকে সুস্থিত ইলেকট্রন কাঠামো ধরা হয়।

(3) 1s, 2s, 2p, 3s, 3p উপকক্ষ নিয়মিতভাবে পূর্ণ হইতে দেখা গেলেও d এবং f উপকক্ষ নিয়মানুযায়ী ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয় না। যেমন—পটাসিয়াম (K) এবং ক্যালসিয়ামের (Ca) ক্ষেত্রে। পটাসিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা 19। ইহার ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^1$। ইহার তৃতীয় মুখ্যস্তর অসম্পূর্ণ রাখিয়া চতুর্থ মুখ্যস্তরে ইলেকট্রন গিয়াছে। ক্যালসিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2$। এখানেও তৃতীয় মুখ্যস্তর অসম্পূর্ণ থাকিয়া গিয়াছে কিন্তু চতুর্থ মুখ্যস্তরে মোট দুইটি ইলেকট্রন গিয়াছে। তৃতীয় মুখ্যস্তরে মোট 18-টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে। উভয়ক্ষেত্রেই 8-টি করিয়া ইলেকট্রন আছে। তবে এই বিন্যাস আউফবাউ নীতি অনুসারে বিন্যস্ত। অর্থাৎ উপস্তরগুলির ক্রমবর্ধমান শক্তি অনুসারে সজ্জিত। কিন্তু সন্ধিগত মৌলগুলির কয়েকটি পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস আউফবাউ নীতি মানিয়া চলে না। ইহা পূর্বেই দেখান হইয়াছে।

1.34 পারমাণবিক সংখ্যা বা পরমাণু ক্রমাঙ্ক (Atomic number)

কোন মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থিত প্রোটন সংখ্যাকে মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা অথবা পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বলা হয়। আবার আমরা জানি পরমাণু তড়িৎ-নিরপেক্ষ। তাই একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে যতগুলি প্রোটন থাকিবে, কেন্দ্রকের বাহিরে বিভিন্ন শক্তিস্তরে সমসংখ্যক ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন থাকিবে। সুতরাং অন্যভাবে বলা যায়, একটি মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রোটন সংখ্যা অথবা পরমাণুর বহিঃস্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা। হাইড্রোজেনের কেন্দ্রকে একটি প্রোটন আছে এবং বহিঃকক্ষে একটি ইলেকট্রন আছে। সুতরাং হাইড্রোজেনের পারমাণবিক সংখ্যা এক। হিলিয়ামের কেন্দ্রকে দুইটি প্রোটন আছে এবং বহিঃস্তরে দুইটি ইলেকট্রন আছে। সুতরাং হিলিয়ামের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক দুই। অক্সিজেনের কেন্দ্রকে 8টি প্রোটন আছে এবং বহিঃকক্ষে 8-টি ইলেকট্রন আছে। সুতরাং অক্সিজেনের পরমাণু ক্রমাঙ্ক আট। ক্লোরিনের কেন্দ্রকে 17-টি প্রোটন আছে এবং বহিঃকক্ষে 17-টি ইলেকট্রন আছে। ক্লোরিনের

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 17। সুতরাং, আমরা লিখিতে পারি, কোন মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা=মৌলটির পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রোটন সংখ্যা=বহিঃকক্ষে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা।

আমরা পরে জানিতে পারিব যে, পারমাণবিক সংখ্যা মৌলের রাসায়নিক ধর্ম নির্ধারণ করে। সুতরাং, একই মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা কখনও বিভিন্ন হইতে পারে না।

1.35 ভরসংখ্যা (Mass number)

আমরা আগেই শিখিয়াছি যে, পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রোটন এবং নিউট্রন অবস্থান করে। প্রোটন অথবা নিউট্রনের তুলনায় ইলেকট্রনের ভর নগণ্য, তাই একটি পরমাণুর ভর বস্তুতপক্ষে কেন্দ্রকে উপস্থিত নিউট্রন ও প্রোটনের যুক্ত ভরের সমান। আবার আমরা জানি একটি নিউট্রনের ভর প্রোটনের ভরের সমান (প্রায়) অথবা প্রোটনের ভরকে একক ধরিলে একটি পরমাণুর পারমাণবিক ভর কেন্দ্রকে অবস্থিত প্রোটন এবং নিউট্রনের ভরের যোগফলের সমান হইবে। এই যোগফলকে সংখ্যায় প্রকাশ করিলে আমরা যাহা পাই তাহাকে **ভরসংখ্যা** বলে। সুতরাং, **একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে যতগুলি প্রোটন এবং নিউট্রন আছে তাহাদের মোট সংখ্যাকে পরমাণুটির ভরসংখ্যা বলা হয়।**

কোন মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকে Z-সংখ্যক প্রোটন এবং N-সংখ্যক নিউট্রন থাকিলে মৌলটির ভরসংখ্যা $A=Z+N$। আবার Z মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা। সুতরাং ভরসংখ্যাকে আমরা নিম্নলিখিত উপায়েও প্রকাশ করিতে পারি।

ভরসংখ্যা A=মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা+মৌলের পরমাণুতে অবস্থিত নিউট্রন সংখ্যা=মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা+N।

1.36 আইসোটোপ বা সমস্থানিক (Isotope)

এই অধ্যায়ের তেজস্ক্রিয়তা অংশে আমরা দেখিয়াছি যে, একই মৌলের বিভিন্ন ভরসংখ্যা হওয়া সম্ভব। অর্থাৎ একই পারমাণবিক ক্রমাঙ্কবিশিষ্ট কিন্তু বিভিন্ন পারমাণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট পরমাণুর অস্তিত্ব সম্ভব। এইগুলিকে পরস্পরে আইসোটোপ অথবা সমস্থানিক বলে। যেহেতু পরমাণু ক্রমাঙ্ক একই সুতরাং, আইসোটোপগুলির রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন। **একই পরমাণু ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট কিন্তু বিভিন্ন ভরসংখ্যা** (পারমাণবিক গুরুত্ব) **বিশিষ্ট পরমাণুগুলিকে পরস্পরের আইসোটোপ বা সমস্থানিক বলে।** উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, ক্লোরিনের দুইটি আইসোটোপ বর্তমান। যেমন, ${}_{17}Cl^{35}$ ${}_{17}Cl^{37}$। উভয় পরমাণুর পরমাণু ক্রমাঙ্ক 17 কিন্তু ভরসংখ্যা যথাক্রমে 35 এবং 37। হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ আছে। ${}_{1}H^{1}$ ${}_{1}D^{2}$ ${}_{1}T^{3}$ যথাক্রমে সাধারণ হাইড্রোজেন বা প্রোটিয়াম, ডয়টেরিয়াম এবং ট্রাইটিয়াম। অক্সিজেনের তিনটি

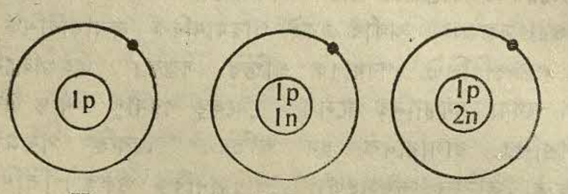
আইসোটোপ বর্তমান $_8O^{16}$, $_8O^{17}$, $_8O^{18}$। প্রশ্ন হইতে পারে, হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে প্রতীক আলাদা হইল কেন? যেহেতু ডয়টেরিয়ামের ভরসংখ্যা সাধারণ হাইড্রোজেনের ভরসংখ্যার দ্বিগুণ এবং ট্রাইটিয়ামের ভরসংখ্যা সাধারণ হাইড্রোজেনের ভরসংখ্যার তিন গুণ, তাই ইহারা একই মৌল হইলেও ইহাদের ধর্মের পার্থক্য তুলনামূলকভাবে বেশি। তাই উহাদিগকে আলাদা প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আইসোটোপগুলির রাসায়নিক ধর্মের কোনও পার্থক্য থাকে না। উহার পর্যায় সারণীর একটি সুনির্দিষ্ট স্থানে অবস্থান করে। কারণ পর্যায় সারণীতে একই রাসায়নিক ধর্মবিশিষ্ট মৌলগুলি একই স্থানে আছে। আইসোটোপগুলির ভরসংখ্যা বিভিন্ন হইলেও পর্যায় সারণীতে উহাদের স্থান একই। তাই ইহাদিগকে **সমস্থানিক** বলে। পর্যায় সারণী অধ্যায়ে ইহা আরও পরিষ্কারভাবে বুঝা যাইবে।

এখন আমাদের বুঝিতে হইবে আইসোটোপগুলির ভরসংখ্যা বিভিন্ন হওয়ার কারণ। ক্লোরিনের দুইটি আইসোটোপ বর্তমান $_{17}Cl^{35}$ এবং $_{17}Cl^{37}$, উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 17। সুতরাং উহাদের কেন্দ্রকে 17-টি প্রোটন আছে এবং বহিঃকক্ষে 17-টি ইলেকট্রন আছে। একটি আইসোটোপের ভরসংখ্যা 35। সুতরাং উহার কেন্দ্রকে (35-17) বা 18-টি নিউট্রন বর্তমান। অনুরূপভাবে $_{17}Cl^{37}$-এর কেন্দ্রকে (37-17)-টি বা 20-টি নিউট্রন আছে। অক্সিজেনের $_8O^{16}$ আইসোটোপের পরমাণু কেন্দ্রকে 8-টি প্রোটন এবং 8-টি নিউট্রন, $_8O^{17}$ আইসোটোপের পরমাণু কেন্দ্রকে 8-টি প্রোটন এবং 9-টি নিউটন এবং $_8O^{18}$ আইসোটোপের পরমাণু কেন্দ্রকে 8-টি প্রোটন এবং 10-টি নিউট্রন বর্তমান। **সুতরাং আইসোটোপের ভরসংখ্যা বিভিন্ন হওয়ার কারণ হইল বিভিন্ন আইসোটোপের পরমাণু কেন্দ্রকে নিউট্রন সংখ্যার বিভিন্নতা।**

নিম্নে কয়েকটি আইসোটোপের চিত্র দেখান হইল :

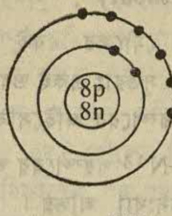
হাইড্রোজেনের আইসোটোপ :



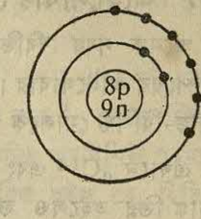
$_1H^1$ — সাধারণ হাইড্রোজেন $\quad$ $_1H^2$ — D $\quad$ $_1H^3$ — T

p=protron
n=neutron
e=electron

অক্সিজেনের আইসোটোপ :

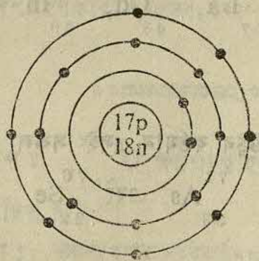


$_8O^{16}$

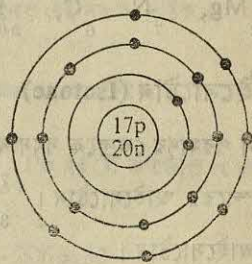


$_8O^{17}$

ক্লোরিনের আইসোটোপ :



$_{17}Cl^{35}$



$_{17}Cl^{37}$

আইসোটোপ সমন্বিত বিভিন্ন মৌলের সারণী :

প্রতীক :	পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক	ভরসংখ্যা	নিউট্রন সংখ্যা
He	2	3 4	1 2
Li	3	6 7	3 4
B	5	10 11	5 6
C	6	12 13 14	6 7 8
N	7	14 15	7 8
Ne	10	20 21 22	10 11 12
Ar	18	36 38 40	18 20 22
Br	35	79 81	44 46

……ইত্যাদি।

1.37 আইসোবার (Isobar)

অনেক সময় বিভিন্ন মৌলের একই ভরসংখ্যা পরিলক্ষিত হয়। ইহারা পরস্পরের আইসোবার। সুতরাং একই ভরসংখ্যা-বিশিষ্ট কিন্তু বিভিন্ন পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক-বিশিষ্ট মৌলকে পরস্পরের আইসোবার বলে। যেমন, $_6C^{14}$, $_7N^{14}$

এখানে $_6C^{14}$ এবং $_7N^{14}$ পরস্পরের আইসোবার, কারণ উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক ভিন্ন হইলেও ভরসংখ্যা অভিন্ন। নিম্নে কয়েকটি আইসোবারের উদাহরণ দেওয়া হইল :

$^{24}_{11}Na$ $^{24}_{12}Mg$, $^{13}_{7}N$ $^{13}_{6}C$, $^{138}_{56}Ba$, $^{138}_{57}La$, $^{113}_{48}Cd$, $^{113}_{49}In$ ইত্যাদি

1.38 আইসোটোন (Isotone)

যে-সকল পরমাণুর কেন্দ্রকে সমসংখ্যক নিউট্রন বর্তমান সেই সকল পরমাণুগুলি পরস্পর পরস্পরের আইসোটোন। $^{76}_{32}Ge$, $^{77}_{33}As$ এবং $^{76}_{32}Se$ পরমাণুগুলি পরস্পরের আইসোটোন।

1.39 আইসো-ইলেকট্রনিক পরমাণু এবং আয়ন (Iso-electronic atoms and ions)

যদি দুই বা ততোধিক আয়নের মধ্যে অথবা একাধিক পরমাণু এবং আয়নের মধ্যে উপস্থিত ইলেকট্রনের মোট সংখ্যা সমান হয় তাহা হইলে উহারা পরস্পর পরস্পরের আইসো-ইলেকট্রনিক (iso-electronic)। Cl^- এবং K^+ উভয় আয়নে উপস্থিত ইলেকট্রনের সংখ্যা 18। সুতরাং উহারা পরস্পরের আইসো-ইলেকট্রনিক। Ar, K^+ এবং Cl^-—এইগুলিও পরস্পর পরস্পরের আইসো-ইলেকট্রনিক, কারণ ইহাদের ক্ষেত্রেও পরমাণু এবং আয়নে উপস্থিত ইলেকট্রনের মোট সংখ্যা 18। অনুরূপভাবে, O^{-2} এবং Na^+ আয়নগুলি আইসো-ইলেকট্রনিক।

1.40 পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে আধুনিক মতবাদের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদের আলোচনা (Modern Atomic Theory & Dalton's Atomic Theory)

(1) ডালটনের মতে পরমাণু পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা। ইহা অবিভাজ্য এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। কিন্তু আধুনিক পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু বিভাজ্য। একটি পরমাণু প্রধানত ইলেকট্রন প্রোটন এবং নিউট্রন দ্বারা গঠিত। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রত্যক্ষভাবে যে-কণা অংশ গ্রহণ করে তাহা হইল ইলেকট্রন।

(2) ডালটনের মতে পরমাণু একটি নিরেট কণা। কিন্তু বর্তমানে প্রমাণিত

হইয়াছে যে, পরমাণুর কেন্দ্রক, যাহা পরমাণুর আয়তনের তুলনায় খুব অল্প স্থান দখল করিয়া আছে, নিরেট হইলেও পরমাণুর অধিকাংশ স্থান ফাঁকা।

(3) ডালটনের মতে একই মৌলের সকল পরমাণুর ওজন এবং ধর্ম একই হইবে। বর্তমানে প্রমাণিত হইয়াছে যে, তাহাও সত্যি নহে। আইসোটোপ আবিষ্কারের পর ইহা প্রমাণিত হইল যে, একই মৌলের বিভিন্ন ভরবিশিষ্ট পরমাণু থাকা সম্ভব। আবার আইসোবার আবিষ্কারের পর প্রমাণিত হইল যে, বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর একই পারমাণবিক ভর হইতে পারে।

ইলেকট্রন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতে সাহায্য করিলেও পরমাণুই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ক্ষুদ্রতম কণা—ডালটনের এই বক্তব্য সঠিক।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. $^{238}_{92}U$ ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া $^{206}_{82}Pb$ হইলে কতগুলি α এবং β কণা নিঃসৃত হইয়াছিল ?

সমাধান : ভরসংখ্যার পরিবর্তন $=238-206=32$

$\therefore$ নিঃসৃত α কণার সংখ্যা $=\frac{32}{4}=8$

8-টি α-কণা নিঃসরণের ফলে উৎপন্ন মৌলটির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক $(92-16)$ বা 76 হওয়া উচিৎ, কিন্তু উৎপন্ন মৌলটির পরমাণু ক্রমাঙ্ক 82। ইহা সম্ভব যদি $(82-76)$ বা 6-টি β-কণা নিঃসৃত হয়। সুতরাং মোট 8-টি α-কণা এবং 6-টি β-কণা নিঃসৃত হইয়াছিল।

উদাহরণ 2. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ কর :

(a) $^{232}_{90}Th \xrightarrow{-\alpha}$ (b) $^{239}_{93}Np \xrightarrow{-\beta}$

(c) $^{55}_{27}Co \xrightarrow{-e^+}$

সমাধান : (a) $^{232}_{90}Th \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{228}_{88}Ra$

(b) $^{239}_{93}Np \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{239}_{94}Pu$

(c) $^{55}_{27}Co \longrightarrow {}^{0}_{1}e^+ + {}^{55}_{26}Fe$

উদাহরণ 3. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়াগুলিকে সম্পূর্ণ কর :

(a) $^{53}_{24}Cr + {}^{2}_{1}D \longrightarrow {}^{1}_{0}n + ...$

(b) $^{19}_{9}F + {}^{1}_{1}p \longrightarrow ...... + \gamma$

সমাধান ঃ (a) $^{53}_{24}Cr + ^{2}_{1}D \longrightarrow ^{1}_{0}n + ^{A}_{Z}E$

$A = 53 + 2 - 1 = 54, \ Z = 24 + 1 = 25$

$\therefore \ ^{A}_{Z}E = ^{54}_{25}E = ^{54}_{25}Mn$

∴ সম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল

$$^{53}_{24}Cr + ^{2}_{1}D \longrightarrow ^{1}_{0}n + ^{54}_{25}Mn$$

(b) $^{19}_{9}F + ^{1}_{1}P = ^{A}_{Z}E + \gamma$

$A = 19 + 1 = 20, \ Z = 10$

$\therefore \ ^{A}_{Z}E = ^{20}_{10}E = ^{20}_{10}Ne$

∴ সম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল

$$^{19}_{9}F + ^{1}_{1}P \longrightarrow ^{20}_{10}Ne + \gamma$$

উদাহরণ 4. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(a) $^{238}_{92}U \longrightarrow ^{234}_{90}Th + ...$

(b) $^{239}_{93}Np \longrightarrow ^{235}_{91}Pa + ...$

সমাধান ঃ (a) $^{238}_{92}U \longrightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$

(b) $^{239}_{93}Np \longrightarrow ^{235}_{91}Pa + ^{4}_{2}He \ (\alpha)$

উদাহরণ 5. (a) একটি তেজস্ক্রিয় মৌল Y (পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 90) পর পর দুইটি β-কণা ত্যাগ করিয়া একটি সুস্থিত মৌল Z-এ রূপান্তরিত হয়। Z-এর পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত হইবে ?

(b) নিম্নলিখিত সমীকরণটি সম্পূর্ণ কর :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow ^{234}_{90}Th$$

সমাধান ঃ (a) একটি β-কণা নিঃসৃত হইলে পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 1 একক বৃদ্ধি হয়। সুতরাং, দুইটি β-কণা বৃদ্ধির জন্য পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের বৃদ্ধি 2 একক।

∴ Z-এর পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক হইবে 92

$$^{A}_{90}Y \longrightarrow ^{A}_{92}Z + 2\beta$$

(b) $^{238}_{92}U \longrightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$

উদাহরণ 6. একটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের অর্ধায়ু 3 ঘন্টা। এই আইসোটোপের 200 গ্রাম লইয়া পরীক্ষা শুরু করিলে 18 ঘন্টা পরে উল্লিখিত আইসোটোপের কি পরিমাণ অবশিষ্ট থাকিবে ?

সমাধান : $m = m_0 \times 2^{-n}$

$m_0 = 200$ গ্রাম, $n = \frac{18}{3} = 6$

$\therefore\ m = 200 \times 2^{-6} = \frac{200}{64} = 3{\cdot}125$ গ্রাম

= অবশিষ্ট আইসোটোপের পরিমাণ

উদাহরণ 7. র‍্যাডনের অর্ধায়ু 4 দিন। 1 মাইক্রোগ্রাম পরিমাণ র‍্যাডন একটি টিউবে ভর্তি করিয়া ডাক্তারখানায় 12 দিন ধরিয়া রক্ষিত আছে। টিউবটিতে কি পরিমাণ র‍্যাডন অবশিষ্ট আছে ?

সমাধান : $m = m_0\, 2^{-n}$

$m_0 = 1$ মাইক্রোগ্রাম, $n = \frac{12}{4} = 3$

$\therefore\ m = 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$ মাইক্রোগ্রাম

= অবশিষ্ট র‍্যাডনের পরিমাণ

উদাহরণ 8. পরমাণুর ব্যাসার্ধ 10^{-8} সেমি. এবং কেন্দ্রকের ব্যাসার্ধ 10^{-13} সেমি.। পরমাণু এবং উহার কেন্দ্রক গোলকাকার হইলে একটি পরমাণুর আয়তনের কত অংশ কেন্দ্রক দখল করিয়া আছে ? [Delhi Board, 1929]

সমাধান : কেন্দ্রকের আয়তন $= \frac{4}{3}\pi\left(10^{-13}\right)^3$

পরমাণুর আয়তন $= \frac{4}{3}\pi\left(10^{-8}\right)^3$

$\therefore$ কেন্দ্রক-কর্তৃক অধিকৃত আয়তন পরমাণুর মোট আয়তনের $\frac{10^{-39}}{10^{-24}}$ অংশ বা 10^{-15} অংশ।

উদাহরণ 9. কোন কক্ষের মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যার (n) মান 3 হইলে 'l' এবং 'm'-এর মান কি হইবে এবং মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা সর্বোচ্চ কত হইবে ?

[Delhi Board, 1979]

সমাধান : $n = 3,\ l = 0 \quad m = 0$ (s উপকক্ষ)

$l = 1 \quad m = -1, 0, +1$ (p উপকক্ষ)

$l = 2 \quad m = -2, -1, 0, 1, +2$ (d উপপক্ষ)

$\therefore\ n = 3$ হইলে উহার অভ্যন্তরে তিনটি উপস্তর s, p, d বর্তমান থাকিবে

সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা $= 2 + 6 + 10 = 18$

$(2 \times 3^2 = 18)$

উদাহরণ 10. একটি মৌলের পারমাণবিক ওজন 207। উহার দুইটি সমস্থানিকের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 206 এবং 208। মৌলটিতে 208 ভরসংখ্যা বিশিষ্ট সমস্থানিকের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [H. S. 1984]

সমাধান : ধরা যাক, নির্ণেয় পরিমাণ $= x\%$

প্রশ্নানুসারে, $\dfrac{208 \times x + 206(100 - x)}{100} = 207$

$\therefore \quad x = 50$

$\therefore$ মৌলটিতে 208 ভরসংখ্যাবিশিষ্ট সমস্থানিকের পরিমাণ $= 50\%$

উদাহরণ 11. একটি মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 9 এবং পারমাণবিক ওজন 19। মৌলের একটি পরমাণুতে ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রনের সংখ্যা কত ?

[Bombay Inter, 1962]

সমাধান : পরমাণু ক্রমাঙ্ক = একটি পরমাণুতে বর্তমান প্রোটন সংখ্যা

= একটি পরমাণুতে বর্তমান ইলেকট্রন সংখ্যা

$= 9$

নিউট্রন সংখ্যা = পারমাণবিক ওজন − ক্রমাঙ্ক

$= A - Z = 19 - 9 = 10$

উদাহরণ 12. ম্যাগনেশিয়ামের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 12। 24, 26 পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট ইহার দুইটি আইসোটোপ বর্তমান। আইসোটোপগুলিতে প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রনের সংখ্যা নির্ণয় কর। [Bombay Inter, 1966]

সমাধান : (i) $_{12}Mg^{24}$

প্রোটন সংখ্যা = ইলেকট্রন সংখ্যা = পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক $= 12$

নিউট্রন সংখ্যা = পারমাণবিক ভর − পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক $= 24 - 12 = 12$

(ii) $_{12}Mg^{26}$

প্রোটন সংখ্যা = ইলেকট্রন সংখ্যা = পরমাণু ক্রমাঙ্ক $= 12$

নিউট্রন সংখ্যা $= 26 - 12 = 14$

উদাহরণ 13. একটি মৌলিক পরমাণুতে 13-টি ইলেকট্রন বর্তমান। ইহার কেন্দ্রকে 14-টি নিউট্রন বর্তমান। মৌলটির পরমাণু ক্রমাঙ্ক এবং আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। উহার ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। মৌলটির তড়িৎ-যোজ্যতা কত হইবে ? [I. I. T. 1966]

সমাধান : পরমাণু ক্রমাঙ্ক = ইলেকট্রন সংখ্যা = প্রোটন সংখ্যা $= 13$

$\therefore$ আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $= 13 + 14 = 27$

ইলেকট্রন বিন্যাস — $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^3$, তড়িৎ-যোজ্যতা $= 3$

উদাহরণ 14. পূর্ববর্তী উদাহরণে উল্লিখিত মৌলটির একটি আইসোটোপের পারমাণবিক ওজন উহা অপেক্ষা 2 একক বেশি হইলে আইসোটোপটিতে ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রনের সংখ্যা নির্ণয় কর। [I. I. T. 1966]

সমাধান : প্রোটন সংখ্যা = ইলেকট্রন সংখ্যা = পরমাণু ক্রমাঙ্ক $= 13$

পারমাণবিক ওজন $= 27 + 2 = 29$

$\therefore$ নিউট্রন সংখ্যা $= 29 - 13 = 16$

উদাহরণ 15. C^{14}-এর অর্ধায়ু 5600 বৎসর। কত বৎসরে 32 মাইক্রোগ্রাম আইসোটোপ 1 মাইক্রোগ্রামে পরিণত হইবে?

সমাধান: $m=m_0(\frac{1}{2})^n$

$1=32(\frac{1}{2})^n$

$32=2^n$

$(2)^5=2^n$

$n=5$

ধরা যাক্, মোট সময় x বৎসর

$\therefore \frac{x}{5600}=5$ বা, $x=28000$ বৎসর

উদাহরণ 16. কি কারণে Cl এবং Mn পর্যায় সারণীর একই শ্রেণীতে অবস্থান করে? তাহারা বিভিন্ন উপশ্রেণীতে অবস্থান করে কেন?

সমাধান: $Cl=1s^2\,2s^2\,2p^6 3s^2\,3p^5$ (2. 8. 7)

$Mn=1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$ (2. 8. 8. 7)

উভয় ক্ষেত্রেই যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা $=7$; সুতরাং, উহাদের স্থান পর্যায় সারণীর VII শ্রেণীতে। আবার যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রনগুলি পরস্পরের সহিত সদৃশ নহে বলিয়া উহারা দুইটি উপশ্রেণীতে অবস্থান করে।

উদাহরণ 17. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে পারমাণবিক অরবাইটালগুলি কিভাবে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইবে?

(i) $n+l=5$ (ii) $n+l=6$ (iii) $n+l=7$

সমাধান: (i) $n \quad l$

$5+0=5\rightarrow 5s$

$4+1=5\rightarrow 4p$

$3+2=5\rightarrow 3d$

$\therefore$ নির্ণেয় ইলেকট্রন সজ্জার ক্রম 3d 4p 5s

(ii) $n \quad l$

$6+0=6\rightarrow 6s$

$5+1=6\rightarrow 5p$

$4+2=6\rightarrow 4d$

$\therefore$ নির্ণেয় ইলেকট্রন বিন্যাস ক্রম 4d 5p 6s

(iii) $n \quad l$

$7+0=7\rightarrow 7s$

$6+1=7\rightarrow 6p$

$5+2=7\rightarrow 5d$

$4+3=7\rightarrow 4f$

$\therefore$ নির্ণেয় ইলেকট্রন বিন্যাস ক্রম $=$ 4f 5d 6p 7s

[দ্রষ্টব্য : এই ধরনের অঙ্ক সমাধান করিতে উপরে উল্লিখিত পদ্ধতি অনুসরণ করিতে হইবে।]

উদাহরণ 18. একটি মৌলিক পরমাণুতে 2-টি K ইলেকট্রন, 8-টি L ইলেকট্রন এবং 5-টি M ইলেকট্রন বর্তমান। (a) মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা কত? (b) মৌলটির একটি পরমাণুতে s-ইলেকট্রনের সংখ্যা কত? (c) উহাতে p-ইলেকট্রনের সংখ্যা কত? (d) কেন্দ্রকে প্রোটন সংখ্যা কত? (e) মৌলটির যোজ্যতা কত?

সমাধান : (a) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক $=2+8+5=15$

পরমাণুটির ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

(b) s ইলেকট্রনের সংখ্যা $=2+2+2=6$

(c) p ইলেকট্রনের সংখ্যা $=6+3=9$

(d) কেন্দ্রকে উপস্থিত প্রোটন সংখ্যা $=15$

(e) যোজ্যতা $=3$ অথবা 5

উদাহরণ 17. একটি তেজস্ক্রিয় মৌল A-এর তেজস্ক্রিয়তা 168 সেকেণ্ডে প্রাথমিক তেজস্ক্রিয়তার $\frac{1}{8}$ অংশে পরিণত হইলে মৌলটির অর্ধায়ু কত হইবে?

সমাধান : $m=m_0\times\frac{1}{2^n}$

$$\tfrac{1}{8}=1\times\frac{1}{2^{\frac{168}{t_{\frac{1}{2}}}}}\quad\left(t_{\frac{1}{2}}=\text{অর্ধায়ু}\right)$$

বা, $2^3=2^{\frac{168}{t_{\frac{1}{2}}}}$

বা, $3=\frac{168}{t_{\frac{1}{2}}}$ বা, $t_{\frac{1}{2}}=\frac{168}{3}=56$ সেকেণ্ড

উদাহরণ 18. একটি বিশেষ মৌলের দুইটি আইসোটোপের ভরসংখ্যা 35 এবং 37। এই মৌলে তাহাদের পরিমাণ যথাক্রমে শতকরা 75 এবং 25 হইলে মৌলটির পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর। [H. S. 1982]

সমাধান : ধরা যাক, মৌলটির পারমাণবিক ভর $=x$

প্রশ্নানুসারে, $x=\frac{35\times75+37\times25}{100}=35\cdot5$

$\therefore$ মৌলটির নির্ণেয় পারমাণবিক ওজন $=35\cdot5$

সার-সংক্ষেপ

প্রতিপ্রভা : কতকগুলি পদার্থ আলোয় রাখিলে আলোক শোষণ করিয়া আলোকিত হয় এবং দীর্ঘতর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলো বিকিরণ করে। এই ঘটনাকে

প্রতিপ্রভা বলে। আলোর উৎস অপসারিত করিলে প্রতিপ্রভাও অপসারিত হয়। প্রতিপ্রভা সৃষ্টিকারী বস্তুকে **প্রতিপ্রভ** বস্তু বলে।

অনুপ্রভা : কতকগুলি বস্তুকে কিছু সময়ের জন্য আলোতে রাখিয়া পরে অন্ধকারে রাখিলে, কিছুক্ষণের জন্য আলো বিকিরণ করিয়া পরে বন্ধ হইয়া যায়। এই ঘটনাকে অনুপ্রভা বলে এবং অনুপ্রভা সৃষ্টিকারী বস্তুকে **অনুপ্রভ** বস্তু বলে।

তেজস্ক্রিয়তা : উচ্চ ভরসংখ্যাবিশিষ্ট কতগুলি মৌল হইতে অথবা উহাদের যৌগ হইতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে এক অদৃশ্য রশ্মি বিকিরিত হয় যাহা উষ্ণতা, চাপ, আলো, অন্ধকার এবং পারিপার্শ্বিকতার উপর নির্ভরশীল নয়। পদার্থের এই বিকিরণ ধর্মকে বলা হয় **স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তা** এবং মৌলগুলিকে বলা হয় **তেজস্ক্রিয় মৌল**। তেজস্ক্রিয়তা মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রক ভাঙনের ফলশ্রুতি। রশ্মি বিকিরণের ফলে তেজস্ক্রিয় মৌলগুলি নিম্ন পারমাণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট নূতন মৌলে রূপান্তরিত হয় এবং প্রচুর তাপশক্তি নির্গত হয়।

তেজস্ক্রিয় বিকিরণের প্রকৃতি : তেজস্ক্রিয় বিকিরণ তিন প্রকার রশ্মির সমন্বয়ে গঠিত। যথা, α-রশ্মি, β-রশ্মি এবং γ-রশ্মি।

α-রশ্মি : ইহা ধনাত্মক আধানযুক্ত কণার প্রবাহ। এক একটি α-কণা দ্বি-আয়নিত হিলিয়াম পরমাণু। আধানের পরিমাণ $9{\cdot}6\times10^{-10}$ e. s. u.। ইহার বেগ $1{\cdot}4\times10^{9}$ সেমি./সেকেণ্ড $-$ $1{\cdot}7\times10^{9}$ সেমি./সেকেণ্ড। ইহা গ্যাসকে আয়নিত করিতে পারে। β-রশ্মির তুলনায় α-রশ্মি আয়নয়ন ক্ষমতা প্রায় 100 গুণ বেশি এবং γ-এর তুলনায় প্রায় 10000 গুণ বেশি। α-কণার ভর একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রায় চার গুণ এবং ইহার মান $6{\cdot}4\times10^{-24}$ গ্রাম। ইহার $e/m=1{\cdot}5\times10^{14}$ e.s.u /গ্রাম। ইহা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করে। ধাতব পাত ভেদ করিবার ক্ষমতা তুলনামূলকভাবে কম। প্রতিপ্রভা সৃষ্টির ক্ষমতা আছে। অধাতব পাতের মধ্য দিয়া যাইবার সময় বিক্ষিপ্ত হয়। মানব শরীরে ক্ষতের সৃষ্টি করে। ইহা তড়িৎ অথবা চুম্বক ক্ষেত্রে প্রভাবিত হয়।

β-রশ্মি : ইহা ইলেকট্রন প্রবাহ ছাড়া আর কিছুই নহে। ইহার বেগ $0{\cdot}9\times10^{10}$ সেমি./সেকেণ্ড $-$ $2{\cdot}9\times10^{10}$ সেমি./সেকেণ্ড। তড়িৎ অথবা চুম্বক ক্ষেত্রে প্রভাবিত হয়। ইহার আধান $-4{\cdot}8029\times10^{-10}$ e.s.u. ভর $9{\cdot}11\times10^{-28}$ গ্রাম। ইহার $e/m=5{\cdot}2\times10^{17}$ e.s.u./gm. β-কণার আয়নয়ন ক্ষমতা α-কণা অপেক্ষা কম হইলেও γ-রশ্মি অপেক্ষা বেশি। ইহা ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করে এবং তীব্রতা α-কণার তুলনায় বেশি। কঠিন পদার্থ ভেদনের ক্ষমতা α-কণার তুলনায় অনেক বেশি এবং ভেদনের সময় বিক্ষিপ্ত হয়। বিক্ষেপ α-কণার তুলনায় বেশি। প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করিতে পারে। ইহা জীবদেহে ক্ষতের সৃষ্টি করে।

γ-রশ্মি : ইহা অতি ক্ষুদ্র তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট তড়িৎ-চুম্বকীয় বিকিরণ। ইহার কোন আধান এবং ভর নাই। চুম্বক বা তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় না।

আয়নয়ন ক্ষমতা ∝, β রশ্মি অপেক্ষা কম। ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করে, প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করার ক্ষমতা আছে। প্রতিফলন, প্রতিসরণ, অপবর্তন ইত্যাদি হয়। ভেদন-ক্ষমতা ∝, β রশ্মি অপেক্ষা অনেক বেশি। জীবদেহে ক্ষত সৃষ্টি করে।

তেজস্ক্রিয়তার একক : দুইটি একক বর্তমান—(i) কুরী, (ii) রাদারফোর্ড। প্রতি সেকেণ্ডে $3{\cdot}7\times10^{10}$ তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙ্গন হইলে মৌলটির তেজস্ক্রিয়তা 1 কুরী। প্রতি সেকেণ্ডে 10^6 পরমাণুর ভাঙ্গন হইলে মৌলটির তেজস্ক্রিয়তা 1 রাদারফোর্ড।

তেজস্ক্রিয় রূপান্তর এবং তেজস্ক্রিয় শ্রেণী : তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে অতেজস্ক্রিয় মৌল সৃষ্টি পর্যন্ত যতগুলি মৌল উৎপন্ন হয় সেগুলিকে সজ্জিত করিলে যে-সজ্জা পাওয়া যায় সেই সজ্জাগুলিকে তেজস্ক্রিয় শ্রেণী বলা হয়। প্রকৃতিতে তিনটি স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয় শ্রেণী বর্তমান। যথা,

(i) থোরিয়াম শ্রেণী $\quad {}^{232}_{90}\text{Th} \xrightarrow[-4\beta]{-6\alpha} {}^{208}_{82}\text{Pb}$

(ii) অ্যাক্টিনিয়াম শ্রেণী $\quad {}^{235}_{92}\text{U} \xrightarrow[-4\beta]{-7\alpha} {}^{207}_{82}\text{Pb}$

(iii) ইউরেনিয়াম শ্রেণী $\quad {}^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow[-6\beta]{-8\alpha} {}^{206}_{82}\text{Pb}$

কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় শ্রেণী $\quad {}^{237}_{93}\text{Np} \xrightarrow[-4\beta]{-7\alpha} {}^{209}_{83}\text{Bi}$

সডি এবং ফ্যাজনের সূত্র : একটি তেজস্ক্রিয় পরমাণু হইতে প্রথমে একটি ∝-কণা এবং পর পর দুইটি β-কণা নির্গত হইলে প্রাথমিক পরমাণুটির একটি সমস্থানিক বা আইসোটোপ সৃষ্টি হয়।

স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা : (i) স্বল্প পরিসর কেন্দ্রকে অধিক সংখ্যক নিউট্রন এবং প্রোটনের অবস্থান। (ii) নিউট্রন ও প্রোটন সংখ্যার আপেক্ষিকতা অর্থাৎ $n : p > 1{\cdot}5$। (iii) 'মেসন' তত্ত্ব। (iv) কেন্দ্রকীয় বন্ধন শক্তির হ্রাস।

কৃত্রিম মৌলান্তর এবং কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা : কতকগুলি নিম্ন ভরসংখ্যা-বিশিষ্ট মৌলকে ∝-কণা, প্রোটন, নিউট্রন, γ-রশ্মি ইত্যাদির দ্বারা আঘাত করিয়া অন্য মৌলে রূপান্তরিত করার নাম কৃত্রিম মৌলান্তর $\;{}^{14}_{7}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \longrightarrow {}^{17}_{8}\text{O} + {}^{1}_{1}\text{H}$
কৃত্রিম মৌলান্তরের সময় উৎপন্ন নূতন মৌলে তেজস্ক্রিয়তা পরিলক্ষিত হইলে এই তেজস্ক্রিয়তাকে কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা বলা হয়।

তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু : যে-সময়ে নির্দিষ্ট পরিমাণ তেজস্ক্রিয় মৌল ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া প্রাথমিক পরিমাণের অর্ধেক হইয়া যায় সেই সময়কে উল্লিখিত

মৌলটির অর্ধায়ু বলা হয়। $m=\frac{m_o}{2^n}$, $N=\frac{N_o}{2^n}$ ($m=n$-তম অর্ধায়ু পরে অবশিষ্ট তেজস্ক্রিয় মৌলের পরিমাণ $N=n$-তম অর্ধায়ু পরে অবশিষ্ট তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুসংখ্যা।)

নিউক্লিয়াসে α, β, γ-রশ্মির সৃষ্টি কৌশল :

নিউট্রন=প্রোটন+ইলেকট্রন ($n=p+\beta$-কণা)

2 প্রোটন+2 নিউট্রন=α-কণা ($2p+2n=\alpha$-কণা)

এই প্রক্রিয়ার সময় সামান্য পরিমাণ ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই শক্তি γ-রশ্মি হিসাবে বহির্গত হয়।

রাসায়নিক পরিবর্তন ও তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনের তুলনা : তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকের ঘটনা। রাসায়নিক পরিবর্তনে পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন অংশগ্রহণ করে।

α, β, γ-রশ্মির ধর্মের তুলনা : α-রশ্মি পরাতড়িৎধর্মী কণা এবং ইহার ভর একটি He পরমাণুর ভরের সমান। β-কণা ইলেকট্রন ছাড়া কিছুই নয়। γ-রশ্মি তড়িৎচুম্বকীয় বিকিরণ।

পরমাণুর গঠন

ক্যাথোড-রশ্মি ও ইলেকট্রন আবিষ্কার : নিম্নচাপে বায়ুর অথবা অন্যান্য গ্যাসের মধ্যে তড়িৎ ক্ষরণ করিলে ক্যাথোড হইতে উহার বিপরীত দিকে একরকম রশ্মি নির্গত হয়। তাহাকে বলা হয় **ক্যাথোড-রশ্মি**। ক্যাথোড-রশ্মি ইলেকট্রন কণা ছাড়া কিছুই নহে।

ক্যাথোড-রশ্মির ধর্ম : (i) ইহা ক্যাথোডের তল হইতে লম্বভাবে সরল-রেখায় গমন করে। (ii) ইহা যে-বস্তুর উপর পতিত হয় তাহাকে উত্তপ্ত করে। (ii) ইহা অপরাতড়িৎধর্মী কণা, ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে। (iv) ইহার ভরবেগ বর্তমান। (v) চুম্বক এবং তড়িৎ ক্ষেত্রদ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। (vi) অনুপ্রভা সৃষ্টি করে। (vii) ইহার বিজারণ-ক্ষমতা বর্তমান। (viii) ধাতব পদার্থের উপর আপতিত হইয়া X-রশ্মি উৎপাদন করে এবং খুব পাতলা ধাতব পাত ভেদ করিয়া যাইতে পারে। ক্যাথোড-রশ্মিতে উপস্থিত কণার আধান $=-1{\cdot}602\times10^{-19}$ কুলম্ব, ভর$=9{\cdot}11\times10^{-28}$ গ্রাম, $e/m=5{\cdot}2\times10^{17}$ e.s.u. গ্রাম। ক্যাথোড-রশ্মির প্রকৃতি ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহৃত ধাতুর উপর অথবা গ্যাসের উপর নির্ভরশীল নহে।

প্রোটন এবং পরারশ্মি : ক্যাথোড-রশ্মির বিপরীত দিকে আর এক রকম রশ্মিকে প্রবাহিত হইতে দেখা যায়, এই রশ্মির নাম পরারশ্মি।

পরারশ্মির ধর্ম : (i) পরারশ্মি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পরাতড়িৎযুক্ত কণার সমষ্টি,

(ii) বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে এবং বিভিন্ন তড়িদ্দ্বারের ক্ষেত্রে পরারশ্মির e/m-এর মান বিভিন্ন, (iii) ইহা তড়িৎ এবং চুম্বক ক্ষেত্রদ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়, (iv) ক্যাথোড-রশ্মির তুলনায় মন্থরগতি, (v) হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করিয়া যে-পরারশ্মি-কণা পাওয়া যায় তাহার ভর $1{\cdot}675 \times 10^{-24}$ গ্রাম এবং আধান $= +4{\cdot}802 \times 10^{-10}$ e.s.u. বা $1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব। ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে প্রোটন। অন্যান্য গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাপ্ত ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাগুলির ভর প্রোটনের ভরের সরল গুণিতক। প্রোটনের তড়িদাধান একটি ইলেকট্রনের আধানের সমান তবে পরাধর্মী।

নিউট্রন ঃ বেরিলিয়ামকে α-কণার দ্বারা আঘাত করিলে ইহা হইতে এক রকম তড়িৎ-নিরপেক্ষ কণা বাহির হয় যাহার ভর প্রোটনের ভরের সমান এবং তড়িৎ-নিরপেক্ষ। এই কণার নাম দেওয়া হইয়াছে নিউট্রন। কেবলমাত্র সাধারণ হাইড্রোজেন পরমাণু ছাড়া অন্য সকল মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে নিউট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইয়াছে।

বর্ণালী ঃ যৌগিক রশ্মিকে প্রিজ্‌মের দ্বারা বিভিন্ন রশ্মিতে বিভক্ত করিলে যে-রশ্মি সমন্বয় পাওয়া যায় তাহাকে বর্ণালী বলে।

বর্ণালী দুই প্রকার—(i) নির্গমন বর্ণালী ও (ii) শোষণ বর্ণালী। উৎস হইতে প্রাপ্ত আলোকে প্রিজ্‌ম দ্বারা বিভিন্ন রশ্মিতে বিভাজিত করিলে যে-বর্ণালী পাওয়া যায় তাহাকে বলা হয় নির্গমন বর্ণালী। আবার প্রিজ্‌মের দ্বারা বিভাজিত করিবার পূর্বে আপতিত রশ্মির কোন অংশকে শোষণ করিবার পর যে-বর্ণালী পাওয়া যায় তাহাকে বলা হয় শোষণ বর্ণালী। যে-বর্ণালীর মধ্যে আলো এবং অন্ধকার পাশাপাশি বর্তমান থাকে তাহাকে অবচ্ছিন্ন বর্ণালী বা রেখা বর্ণালী বলা হয়। অপরপক্ষে যে-বর্ণালীর সকল স্থানে আলো বর্তমান থাকে তাহাকে বলা হয় নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী।

পারমাণবিক বর্ণালী ঃ কোন মৌলের পরমাণুকে উপযুক্ত পরিমাণ শক্তি প্রয়োগে উত্তেজিত করিয়া যে-বর্ণালী পাওয়া যায় তাহাকে পারমাণবিক বর্ণালী বলে।

রাদারফোর্ডের পরীক্ষা, পরমাণুর কেন্দ্রক আবিষ্কার ঃ পাতলা সোনার পাতের উপর α-কণিকা আঘাত করিয়া রাদারফোর্ড প্রমাণ করেন যে, পরমাণুর মধ্যে একটি বিশেষ অঞ্চল আছে যেখানে পরমাণুর ভরের বেশির ভাগ অংশই ধনাত্মক আধানযুক্ত হইয়া কেন্দ্রীভূত হইয়া আছে এবং পরমাণুর বাকী অংশ ফাঁকা।

রাদারফোর্ডের পারমাণবিক গঠন চিত্র ঃ রাদারফোর্ডের মতে পরমাণুর দুইটি অংশ। প্রথমটি কেন্দ্রক। কেন্দ্রকে অল্প পরিসর ব্যাপিয়া অধিকতর ভরযুক্ত পরাতড়িৎবিশিষ্ট অংশ কেন্দ্রীভূত হইয়া আছে। কেন্দ্রক নিউট্রন এবং প্রোটন দিয়া গঠিত। দ্বিতীয়টি ইলেকট্রন বেষ্টনী। কেন্দ্রকে উপস্থিত প্রোটন

সংখ্যার সমসংখ্যক ইলেকট্রন পরমাণুর ফাঁকা স্থান দখল করিয়া একটি নির্দিষ্ট বৃত্তীয় কক্ষপথে কেন্দ্রকের চারিদিকে ঘুরিতেছে।

রাদারফোর্ডের পরমাণুর চিত্রের ত্রুটি ঃ রাদারফোর্ডের পরমাণুচিত্র সঠিক হইলে পারমাণবিক বর্ণালী নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী হওয়ার কথা কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে দেখা গিয়াছে যে, পারমাণবিক বর্ণালী-রেখা বর্ণালী বা অবচ্ছিন্ন বর্ণালী।

বোরের পরমাণু চিত্র ঃ বোরের মতে (1) কতকগুলি নির্দিষ্ট মানের ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষপথে কেন্দ্রকের চারিধারে ইলেকট্রনগুলি আবর্তন করে। বোর এই কক্ষপথগুলির নাম দেন স্থির কক্ষপথ। এই কক্ষপথগুলিকে n দ্বারা সূচিত করা হয়। ইহাকে মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা বলা হয়।

(2) ইলেকট্রনগুলি স্থির কক্ষপথে আবর্তন করিলে শক্তির শোষণ অথবা নির্গমন হয় না।

(3) ইলেকট্রন উচ্চ শক্তিস্তর হইতে নিম্ন শক্তিস্তরে আসিলে শক্তি বিকিরিত হইবে এবং বিপরীত ঘটনার ক্ষেত্রে শক্তি শোষিত হইবে। বোরের তত্ত্ব অনুসারে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক রেখা বর্ণালীর অস্তিত্ব ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

সোমারফিল্ডের পরমাণু চিত্র ঃ বোরের পরমাণু চিত্র হাইড্রোজেন পরমাণুর বর্ণালী ব্যাখ্যা করিতে সমর্থ হইলেও উচ্চতর পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট পরমাণুর বর্ণালী ব্যাখ্যা করিতে পারে নাই। এই কারণে সোমারফিল্ড বোরের পরমাণু চিত্রকে সংশোধন করিয়া নূতন একটি পারমাণবিক গঠন চিত্র প্রদান করেন। তিনি বলেন যে, প্রতিটি মুখ্য শক্তিস্তরে বৃত্তাকার কক্ষ ব্যতীত উপবৃত্তাকার কক্ষও বর্তমান। উপবৃত্তাকার কক্ষপথের ক্ষেত্রে উহার নাভিতে কেন্দ্রক অবস্থান করে। সোমারফিল্ডের তত্ত্বরেখা বর্ণালীর সূক্ষ্ম রেখাগুলির উৎপত্তির কারণ ব্যাখ্যা করিতে সমর্থ হইয়াছে। উপবৃত্তাকার কক্ষপথগুলিকে 'l' দ্বারা সূচিত করা হয়। ইহার নাম সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা।

স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা ঃ বিভিন্ন কক্ষপথে ঘুরিবার সময় ইলেকট্রনগুলি নিজ নিজ কক্ষপথের চারিদিকে আবর্তন করে। এই আবর্তন ঘড়ির গতির সমমুখী অথবা বিপরীতমুখী হইতে পারে। ইহাকে বলা হয় 'স্পিন' করা। ইলেকট্রনের স্পিনকে $+\frac{1}{2}$ এবং $-\frac{1}{2}$ সংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহাকে বলা হয় স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা।

চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা ঃ আবার দেখা গিয়াছে যে, উপস্তরগুলি কয়েকটি শক্তিস্তরে বিভক্ত। ইহাদের বলা হয় কক্ষক বা অরবাইটাল। অরবাইটালকে বুঝাইবার জন্য 'm' অক্ষর ব্যবহার করা হয়। ইহাকে বলা হয় চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা।

পাউলির বর্জন নীতি ঃ একটি পরমাণুতে দুইটি ইলেকট্রনের সকল কোয়ান্টাম সংখ্যার মান সমান হইতে পারে না।

বোরের মতানুসারে বিভিন্ন শক্তিস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস :

মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা	স্তর	মোট ইলেকট্রন সংখ্যা $=2n^2$
$n=1$	K	2
$n=2$	L	8
$n=3$	M	18
$n=4$	N	32

সোমারফিল্ডের পরমাণু চিত্র এবং বিভিন্ন স্তর উপস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস :

মুখ্যস্তর	উপস্তর	মোট ইলেকট্রন সংখ্যা
$n=1$, K	$l=0$, s	2
$n=2$, L	$l=0$, s $l=1$, p	$2+6=8$
$n=3$, M	$l=0$, s $l=1$, p $l=2$, d	$2+6+10=18$
$n=4$, N	$l=0$, s $l=1$, p $l=2$, d $l=3$, f	$2+6+10+14=32$

ইলেকট্রন বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2\ 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2$ $4f^{14} 5d^{10} 6p^6 7s^2$

পারমাণবিক সংখ্যা বা পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক : কোন মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থিত প্রোটন সংখ্যা অথবা উহার বহিঃকক্ষে উপস্থিত ইলেকট্রন সংখ্যাকে মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা বলে।

ভরসংখ্যা : একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে উপস্থিত নিউট্রন ও প্রোটন সংখ্যার যোগফলকে উহার ভরসংখ্যা বলা হয়।

$$A=Z+N$$

আইসোটোপ বা সমস্থানিক : একই পরমাণু সংখ্যা-বিশিষ্ট কিন্তু বিভিন্ন ভরসংখ্যা-বিশিষ্ট পরমাণুগুলিকে পরস্পরের আইসোটোপ বা সমস্থানিক বলা হয়।

আইসোবার : একই ভরসংখ্যা-বিশিষ্ট কিন্তু বিভিন্ন পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক-বিশিষ্ট মৌলকে পরস্পরের আইসোবার বলা হয়।

পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে আধুনিক মতবাদের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদ : ইলেকট্রন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতে সাহায্য করিলেও পরমাণুই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ক্ষুদ্রতম কণা—ডালটনের এই বক্তব্য সঠিক হইলেও পরমাণু গঠনের আধুনিক মতবাদ অনুসারে ডালটনের পরমাণু-সংক্রান্ত অন্যান্য বক্তব্য অভ্রান্ত নহে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. প্রতিপ্রভা, অনুপ্রভা, প্রতিপ্রভ বস্তু, অনুপ্রভ বস্তু কাহাকে বলে? বেকারেল রশ্মি বলিতে কি বুঝ? বেকারেল রশ্মি এবং তেজস্ক্রিয় রশ্মির মধ্যে কোন মৌলিক পার্থক্য আছে কি?

2. তেজস্ক্রিয়তা বা তেজস্ক্রিয়া বলিতে কি বুঝ? স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তা এবং কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তার মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর। তেজস্ক্রিয়তার বৈশিষ্ট্যগুলি আলোচনা কর। পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রনের সহিত β-কণার পার্থক্য কি?

3. তেজস্ক্রিয় বিকিরণ কয়প্রকার এবং কি কি? বিভিন্ন রশ্মিগুলির ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। [H. S. '79; Tripura '84] ইহাদের আয়নয়ন ক্ষমতার কারণ ব্যাখ্যা কর।

4. তেজস্ক্রিয় শ্রেণী বলিতে কি বুঝ? প্রকৃতিতে কয়টি স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয় শ্রেণী বর্তমান? কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় শ্রেণী কি? প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে প্রাপ্ত শেষ মৌলটি কোন্ মৌলের আইসোটোপ?

5. তেজস্ক্রিয় রশ্মি বিকিরণের ফলে মৌলের কি কোন পরিবর্তন ঘটে? Ra এবং $RaCl_2$-এর তেজস্ক্রিয়তা কি অভিন্ন?

[H. S. '79; Tripura '84; J. E. '86]

সডি ফ্যাজনের সূত্রটি বিবৃত করিয়া ব্যাখ্যা কর। কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের একটি পরমাণু হইতে যুগপৎ তিন রশ্মি বহির্গত হয় না, অথচ তেজস্ক্রিয় রশ্মি লইয়া পরীক্ষা-কালে তিনটি রশ্মিই বহির্গত হইতে দেখা যায় কেন?

6. স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তার ক্ষেত্রে উহার কারণ ব্যাখ্যা কর। 'মেসন' কণা কিভাবে পরমাণুকে সুস্থিত করে? কেন্দ্রকের বন্ধন শক্তি কি?

7. কৃত্রিম মৌলান্তর এবং কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা বলিতে কি বুঝ? উভয়ক্ষেত্রে উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

8. তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলিতে কি বুঝ? রেডিয়ামের অর্ধায়ু 1622 বৎসর হইলে সম্পূর্ণ রেডিয়ামের ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে কত সময় লাগিবে?

9. পরমাণুর কেন্দ্রকে α, β, γ রশ্মি কিভাবে সৃষ্টি হয়? তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন এবং রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

[Tripura, 1982, H. S. '80, '81, '82]

10. α, β, γ-রশ্মির ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। তেজস্ক্রিয় মৌলের যৌগতেও কি তেজস্ক্রিয়তা বর্তমান থাকে? [H. S. 1986, J. E. '82]

11. ক্যাথোড-রশ্মির উৎপাদন কিভাবে হয় সচিত্র বর্ণনা কর। ক্যাথোড-রশ্মি হইতে কিভাবে ইলেকট্রন আবিষ্কৃত হইয়াছে?

12. ক্যাথোড-রশ্মির বিভিন্ন ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

13. পরারশ্মির উৎপাদন কিভাবে হয়? পরারশ্মি হইতে প্রোটনের আবিষ্কার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নিউট্রন কণা কিভাবে আবিষ্কৃত হইয়াছে?

14. বর্ণালী বলিতে কি বুঝ? বর্ণালী কয় প্রকার? নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী এবং অবচ্ছিন্ন বর্ণালী বলিতে কি বুঝ? পারমাণবিক বর্ণালী সর্বদা অবচ্ছিন্ন বর্ণালী বা রেখা বর্ণালী—ইহার কারণ কি?

15. রাদারফোর্ডের পরীক্ষা এবং পরমাণুর কেন্দ্রক আবিষ্কার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। [H. S. 1984]

16. উল্লিখিত পরীক্ষার ভিত্তিতে রাদারফোর্ড মৌলের পারমাণবিক গঠন সম্বন্ধে যে-চিত্র তুলিয়া ধরিয়াছিলেন তাহা বিবৃত কর [H. S. 1984]। পরমাণুর কেন্দ্রে স্বল্প পরিসরে ধনাত্মক আধান ও প্রায় সমস্ত ভর সংহত হইয়া থাকে—কে, কিভাবে এই সত্য প্রমাণ করেন? [Tripura, 1986]

17. রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্রের ত্রুটিগুলি বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর। পরমাণুর মৌলিক কণাগুলির বৈশিষ্ট্য কি? [Tripura, 1985]

18. রাদারফোর্ডের পরমাণু চিত্রকে সংশোধন করিয়া বোর যে-পরমাণুর গঠন-চিত্র প্রদান করিয়াছিলেন তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া বল [Tripura, 1985, H. S. 1980, 1986]। বোর-উল্লিখিত বিভিন্ন শক্তিস্তরে সর্বাধিক কয়টি করিয়া ইলেকট্রন থাকিতে পারে?

19. বোরের পরমাণুর গঠনচিত্রকে সংশোধন করিয়া সোমারফিল্ড যে-পারমাণবিক গঠনচিত্র দিয়াছিলেন তাহা সবিস্তারে বল। রাদারফোর্ডের পরমাণু তত্ত্ব এবং বোরের পরমাণু তত্ত্বের পার্থক্য কোথায়? [H. S. 1980]

20. পারমাণবিক গঠনচিত্র বুঝাইবার জন্য চারিটি কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যবহৃত হয়। এই সংখ্যাগুলির তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

21. পাউলির বর্জন নীতি বিবৃত কর। এই নীতি প্রয়োগ করিয়া পরমাণুর বহিঃকক্ষের মুখ্যস্তর এবং উপস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস কিভাবে করা হয়?

22. টীকা লিখ: (i) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক [Tripura '86], (ii) ভরসংখ্যা [Tripura '86, H. S. '84], (iii) আইসোটোপ বা সমস্থানিক [H. S. '85, [Tripura '86]; J. E. '82; '79], (iv) আইসোবার [Tripura '83] (v) পরমাণুর কেন্দ্রকের গঠন, (vi) পারমাণবিক গুরুত্ব [H. S. '84]।

23. পারমাণবিক গঠনের আধুনিক তত্ত্ব অনুসারে ডালটনের পরমাণুবাদের যথার্থতা বিচার কর।

24. ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন ভগ্নাংশ কেন? [H. S. 1984]

25. পরমাণুর প্রধান উপাদানগুলির নাম কর এবং উহাদের ধর্ম বর্ণনা কর [Tripura '82, 85]। ইলেকট্রন বিন্যাস পরমাণুর রাসায়নিক ধর্ম কিভাবে নির্ধারণ

করে ? আইসোটোপের অস্তিত্বের ব্যাখ্যা দাও। নিউট্রন নাই এমন একটি পরমাণুর নাম কর। [Tripura, 1983 ; H. S. '81]

26. দুইটি তেজস্ক্রিয় মৌলের নাম লিখ [Tripura '83]। নিম্নে উল্লিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন দুইটি সম্পূর্ণ কর।

$$^{238}_{92}A \xrightarrow{-\text{একটি } \alpha \text{ কণা}} B$$

$$^{210}_{82}C \xrightarrow{-\text{একটি } \beta \text{ কণা}} D$$

[H. S. 1982]

27. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কয়টি আল্‌ফা ও বিটা-কণা উৎপন্ন হয় নির্ণয় কর : $\underset{90}{X}^{232} \longrightarrow \underset{82}{Z}^{208}$

একটি উদাহরণ সহযোগে আইসোটোপের সংজ্ঞা দাও। [H. S. 1985]

28. (a) মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং ভরসংখ্যার সংজ্ঞা দাও।

(b) ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন ভগ্নাংশ কেন ব্যাখ্যা কর।

(c) একটি মৌলের পারমাণবিক ওজন 207। এই মৌলের দুইটি সমস্থানিক বর্তমান। উহাদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 206 এবং 208। মৌলটিতে 208 ভর-সংখ্যাবিশিষ্ট সমস্থানিকের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

(d) বিভিন্ন সংখ্যক আলফা এবং বিটা কণা বিকিরণ করিয়া একটি তেজস্ক্রিয় মৌল $\underset{89}{X}^{227}$, একটি অতেজস্ক্রিয় মৌল $\underset{83}{Z}^{207}$-তে পরিণত হইল। X পর্যায় সারণীর IIIA শ্রেণীতে অবস্থান করিলে Z-এর পর্যায় সারণীতে অবস্থান কি হইবে ? এই প্রক্রিয়ায় কয়টি α এবং β-কণা নিঃসৃত হইয়াছিল ?

[J. E. 1981 ; H. S. 1984]

29. (a) একটি তেজস্ক্রিয় মৌল $\underset{Z}{X}^{A}$ প্রথমে একটি α-কণা এবং পরে একটি β-কণা বিকিরণ করিয়া অপর একটি মৌলে পরিণত হইল। উৎপন্ন মৌলটির ভরসংখ্যা এবং পারমাণু ক্রমাঙ্ক কত হইবে ?

(b) একটি গ্যাসের মধ্যে α-কণা পরিচালিত করিলে গ্যাসের মধ্যে কি পরিবর্তন ঘটে ? তেজস্ক্রিয় বিকিরণের ক্ষেত্রে মৌল পরমাণুর কোন্ অংশ হইতে β-কণা নিঃসৃত হয় ? একটি তেজস্ক্রিয় মৌল সম্পূর্ণভাবে অতেজস্ক্রিয় মৌলে পরিণত হইলে উৎপন্ন মৌলটি কি হইবে ? [H. S. 1983]

30. A, B, C তিনটি মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 17, 18, 20— (i) A, B, C মৌল তিনটির ইলেকট্রন বিন্যাস লিখ। (ii) A এবং C যুক্ত হইয়া যৌগ উৎপাদন করিলে যৌগটির সঙ্কেত কি হইবে ? (iii) মৌল তিনটির কোন্‌টি ধাতু এবং কোন্‌টি অধাতু ? তোমার বক্তব্যের সপক্ষে যুক্তি দাও।

[H. S. 1983]

31. একটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$—(i) ইহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত? (ii) ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 27 হইলে ইহার কেন্দ্রে কোন কণিকা কি সংখ্যায় আছে? (iii) ইহার যোজ্যতা কত হইতে পারে? (v) পর্যায় সরণীতে ইহার স্থান কোন্ পর্যায়ে এবং কোন্ শ্রেণীতে? [H. S. 1980]

32. ইলেকট্রন প্রোটন এবং নিউট্রনের সঙ্গে পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক এবং পারমাণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক কি? আইসোটোপ কাহাকে বলে? [Tripura '82]

33. দুইটি মৌল A এবং B-এর পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 9 এবং 17। মৌল দুইটির পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষ এবং উপকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। ইহার ভিত্তিতে বিচার কর কেন A, B অপেক্ষা অধিকতর জারক মৌল। [J. E. 1981]

[দ্রষ্টব্য: একটি মৌল*X*-এর ভরসংখ্যা A এবং পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক B উহাকে ${}^{A}_{B}X$ অথবা X^{A}_{B} দ্বারা প্রকাশ করা হয়।]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

A. কোন্‌টি সঠিক বল:

1. একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের কেন্দ্রক ভাঙনের ফলে α-কণা নিঃসরণ করিলে উৎপন্ন মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক (i) 2 একক বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, (ii) 2 একক হ্রাসপ্রাপ্ত হয়, (iii) 1 একক বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, (iv) 1 একক হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

2. যখন একটি কেন্দ্রক β-রশ্মি নিঃসরণ করে, পরমাণুর (i) একটি ইলেকট্রন কমিয়া যায়, (ii) পরমাণুর পরমাণু ক্রমাঙ্কের কোন পরিবর্তন হয় না, (iii) ইহার পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 একক বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, (iv) উহার পরমাণু ক্রমাঙ্ক হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

3. তেজস্ক্রিয় কোবাল্ট আইসোটোপের অর্ধায়ু 5 দিন। প্রাথমিক ভাবে 4 মিলিগ্রাম আইসোটোপ লইয়া পরীক্ষা করিলে 20 দিন পরে কত গ্রাম অবশিষ্ট থাকিবে? (i) 1 মিলিগ্রাম, (ii) 2 মিলিগ্রাম, (iii) 0·25 মিলিগ্রাম, (iv) 0·5 মিলিগ্রাম।

4. লিথিয়াম পরমাণুকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করিলে যে-পরিবর্তন ঘটে তাহা নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত হইল:

$$ {}^{6}_{3}Li + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + X $$

X হইল, (i) ${}^{1}_{1}H$, (ii) $3\,{}^{1}_{1}H$, (iii) ${}_{1}D^{2}$, (iv) ${}_{1}H^{3}$

5. ইউরেনিয়াম (238)-কে কার্বন কেন্দ্রক দ্বারা আঘাত করিলে একটি মৌল ${}^{246}_{98}Cf$ উৎপন্ন হয়। ইউরেনিয়ামের কেন্দ্রকে 92টি প্রোটন বর্তমান থাকিলে এই বিক্রিয়ায় কয়টি নিউট্রন মুক্ত হয়?

(i) 5, (ii) 4, (iii) 3, (iv) 1

6. প্রচলিত প্রতীক ব্যবহার করিয়া নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনগুলি সম্পূর্ণ কর :

(i) ${}_4Be^9 + \alpha \longrightarrow \cdots +$ নিউট্রন

(ii) ${}_{13}Al^{27} +$ প্রোটন $\longrightarrow {}_{14}Si^{28} + \cdots$

7. ${}_{86}X^{226}$ মৌলটি একটি α-কণা এবং দুইটি β-কণা বিকিরণ করিলে উৎপন্ন মৌলটির ভরসংখ্যা এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক কত হইবে ?

8. নিম্নলিখিত পরিবর্তনটি সম্পূর্ণ কর :

$${}_{92}U^{238} \xrightarrow{-\alpha} Th \longrightarrow {}_{91}Pa^{234} \longrightarrow U$$

9. ${}_{92}X^{238}$ পর্যায় সারণীর VIA শ্রেণীতে অবস্থিত হইলে ${}_{82}Z^{206}$ পর্যায় সারণীর কোন্ শ্রেণীতে অবস্থিত হইবে ?

10. নিম্নলিখিত নিউক্লীয় সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(a) ${}_{13}Al^{27} + {}_2He^4 \longrightarrow {}_{15}P^{30} + \ldots\ldots$

(b) ${}_{92}U^{238} \longrightarrow {}_{90}Th^{224} + \ldots\ldots$

B. কোন্‌টি সঠিক ?

11. ^{40}K, ^{40}Ca-তে রূপান্তরিত হইলে নিঃসৃত তেজস্ক্রিয়-রশ্মির প্রকৃতি কি হইবে ? (i) আল্‌ফা-রশ্মি, (ii) বিটা-রশ্মি, (iii) গামা-রশ্মি।

12. কোন্ তেজস্ক্রিয়-রশ্মি বিকিরিত হইলে একটি জাতক মৌল প্রাথমিক তেজস্ক্রিয় মৌলের আইসোবার হইবে ? (i) α-রশ্মি, (ii) β-রশ্মি, (iii) γ-রশ্মি (iv) ইহাদের মধ্যে কোনটিই নহে।

13. একটি α-কণা এবং দুইটি β-কণা নিঃসৃত হইবার পর একটি পরমাণুর ভরসংখ্যা এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক কিভাবে পরিবর্তিত হয় ?—(i) ভরসংখ্যার হ্রাস 4 এবং পরমাণু ক্রমাঙ্কের হ্রাস 2, (ii) ভরসংখ্যার হ্রাস 4 এবং পরমাণু ক্রমাঙ্কের বৃদ্ধি 2, (iii) পরমাণু ক্রমাঙ্কের কোন পরিবর্তন হয় না, অপরপক্ষে ভরসংখ্যা 4-একক হ্রাস পায়, (iv) পরমাণু ক্রমাঙ্ক এবং ভরসংখ্যার কোনও পরিবর্তন হয় না।

14. ${}^{26}_{12}Mg$-কে γ-রশ্মির দ্বারা আঘাত করিবার পর দেখা গেল একটি প্রোটন বিচ্ছিন্ন হইয়াছে। উৎপন্ন মৌলটি (i) ${}^{26}_{12}Mg$-এর সমস্থানিক, (ii) ${}^{26}_{12}Mg$-এর আইসোবার, (iii) ${}^{23}_{11}Na$-এর সমস্থানিক, (iv) ${}^{23}_{11}Na$-এর আইসোবার।

15. কোন্ তেজস্ক্রিয় শ্রেণীর মধ্যে ^{207}Pb বর্তমান ?

(i) ^{232}Th, (ii) ^{237}Np, (iii) ^{227}Ac, (iv) ^{238}U

16. 3·2 দিন অর্ধায়ুবিশিষ্ট ^{222}Rn-কে প্রকৃতিতে পাওয়া সম্ভব কি ?

(i) হ্যাঁ, (ii) না।

17. কোন্‌টি সঠিক ?

(a) একটি ইলেকট্রনের ভর সর্বনিম্ন ভরবিশিষ্ট নিউক্লিয়াসের
(i) $\frac{1}{18}$, (ii) $\frac{1}{1840}$, (iii) $\frac{1}{184}$ (iv) $\frac{1}{18400}$ ।

(b) একই মৌলের দুইটি আইসোটোপের মধ্যে নিম্নলিখিত ধর্মগুলির মধ্যে কোন্‌টি বিভিন্ন

(i) পরমাণু ক্রমাঙ্ক, (ii) পারমাণবিক ভর, (iii) পরমাণুতে উপস্থিত ইলেকট্রন সংখ্যা, (iv) পরমাণুতে উপস্থিত প্রোটন সংখ্যা ?

(c) দুইটি পরমাণুর ভরসংখ্যা যথাক্রমে 12 ও 13 এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 6 ও 7 হইলে পরমাণু দুইটিতে—(i) সমসংখ্যক নিউট্রন বর্তমান, (ii) সমসংখ্যক প্রোটন বর্তমান, (iii) সমসংখ্যক ইলেকট্রন বর্তমান, (iv) এগুলির মধ্যে কোনটিই নহে।

(d) $Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$, এই রূপান্তরে—(i) প্রোটন বর্জন, (ii) ইলেকট্রন গ্রহণ, (iii) ইলেকট্রন বর্জন, (iv) প্রোটন গ্রহণ ঘটিয়াছে।

(e) কার্বন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 12, 14 এবং 16। একটি পরমাণু যাহার পারমাণবিক ওজন 14 এবং কেন্দ্রকের আধান $+6$ তাহা—(i) অক্সিজেনের সমস্থানিক, (ii) কার্বনের সমস্থানিক, (iii) নাইট্রোজেনের সমস্থানিক, (iv) ইহাদের মধ্যে কোনটিই নহে।

(f) একটি মৌলের পরমাণু সংখ্যা বলিতে বুঝায়—(i) পরমাণুর বহিঃকক্ষে উপস্থিত মোট ইলেকট্রন সংখ্যা, (ii) কেন্দ্রকে উপস্থিত নিউট্রন এবং প্রোটন সংখ্যার যোগফল, (iii) পরমাণুতে উপস্থিত ইলেকট্রন, প্রোটন সংখ্যার যোগফল, (iv) ইহাদের মধ্যে কোনটিই নহে।

(g) একটি মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 19। মৌলটি একটি (i) নিষ্ক্রিয় গ্যাস, (ii) $+1$ জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ধাতু, (iii) $+3$ জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অধাতু, (iv) -3 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ধাতু।

(h) একই মৌলের আইসোটোপ (i) সম পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট, (ii) পর্যায় সারণীতে বিভিন্ন শ্রেণীতে অবস্থান করে, (iii) কেন্দ্রকে সমসংখ্যক প্রোটন বর্তমান, (iv) কেন্দ্রকে সমানসংখ্যক নিউট্রন বর্তমান।

(i) একটি ক্ষরণ নলে (যথা—ক্যাথোড-রশ্মি নল) উপস্থিত গ্যাসের N.T.P.-তে আয়তন $1{\cdot}12 \times 10^{-7}$ মিলি. নলের অভ্যন্তরে গ্যাস অণুর সংখ্যা কত ?

(j) ক্রোমিয়ামের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 24 এবং ভরসংখ্যা 52। ইহার 3d উপকক্ষে ইলেকট্রনের সংখ্যা, (i) 2, (ii) 4, (iii) 6, (iv) 8।

(k) একটি কেন্দ্রক হইতে α-কণা নিঃসৃত হইলে উহার, (i) পরমাণু ক্রমাঙ্ক 2 একক বৃদ্ধি পায়, (ii) পরমাণু ক্রমাঙ্ক 2 একক হ্রাস পায়, (iii) পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 একক বৃদ্ধি পায়, (iv) পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 একক হ্রাস পায়।

(l) একটি কেন্দ্রক হইতে β-কণা নিঃসৃত হইলে (i) পরমাণুর ইলেকট্রন

সংখ্যা একটি কমিয়া যায়, (ii) পরমাণু ক্রমাঙ্কের কোন পরিবর্তন হয় না, (iii) পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 একক বৃদ্ধি পায়, (iv) পরমাণু ক্রমাঙ্কের হ্রাস ঘটে। (m) সিলভারের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 47। উহার পরমাণুর চতুর্থ কক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা—(i) 8, (ii) 18, (iii) 2, (iv) 1।

18. A, B, ও C তিনটি মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক Z−2, Z এবং Z+1। ইহাদের মধ্যে B নিষ্ক্রিয় গ্যাস হইলে (i) কোন্‌টির তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্ম সর্বাপেক্ষা অধিক? (ii) কোন্‌টির আয়নাইজেশন বিভব সর্বাপেক্ষা অধিক? (iii) A ও C দ্বারা গঠিত যৌগের সঙ্কেত কি হইবে? (iv) A ও C দ্বারা গঠিত যৌগের মধ্যে বন্ধনী কিরূপ হইবে? [H. S. 1985]

19. একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 138-টি নিউট্রন এবং 88-টি প্রোটন বর্তমান। ইহা কি তেজস্ক্রিয় হইবে?

20. দুইটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস যথাক্রমে $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ এবং $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$। মৌলগুলির প্রকৃতি কি হইবে এবং উহাদের যোজ্যতা কত হইবে?

21. একটি মৌলের ভরসংখ্যা 27 এবং পারমাণবিক সংখ্যা 12। মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। মৌলটির যোজ্যতা কত হইবে?

22. কেবলমাত্র O^{16} আইসোটোপ আছে এইরূপ একটি অক্সিজেন গ্যাসের নমুনার 5·6 লিটারে (N. T. P-তে মাপা) প্রোটন সংখ্যা কত?

23. নিম্নলিখিতগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও:

(i) K^+ (ii) Fe^{+2} (iii) Ar (iv) Cl^-

24. একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 12-টি প্রোটন এবং 12-টি নিউট্রন বর্তমান। মৌলটির পারমাণবিক ওজন, পারমাণবিক সংখ্যা এবং তড়িৎ-যোজ্যতা কত হইবে?

25. একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 17-টি প্রোটন বর্তমান। ইহার দুইটি সমস্থানিকের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 35 এবং 37। সমস্থানিক দুইটির নিউক্লিয়াসের গঠন কি হইবে?

26. একটি মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 9 এবং পারমাণবিক ভর 19। ইহার একটি পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও এবং পর্যায় সারণীতে মৌলটির অবস্থান নির্দেশ কর।

27. নিম্নলিখিতগুলির ক্ষেত্রে কেন্দ্রকের গঠন এবং ইলেকট্রন বিন্যাস কি হইবে?

(i) ${}_6X^{13}$ (ii) ${}_{16}Y^{31}$

28. একটি মৌলিক পরমাণুতে 20-টি প্রোটন এবং 20-টি নিউট্রন বর্তমান। ইহার ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও।

29. স্ট্রনসিয়ামের (Sr) পারমাণবিক সংখ্যা 38। ইহার দুইটি আইসোটোপ বর্তমান (84 এবং 88)। প্রত্যেকটি পরমাণুর ক্ষেত্রে ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রন সংখ্যা নির্ণয় কর।

30. $_{17}A^{37}$ পরমাণুটির হাইড্রাইড কিভাবে আয়নিত হইবে? $_{11}B^{23}$ পরমাণুটির হাইড্রাইড কিভাবে আয়নিত হইবে?

31. নিম্নলিখিতগুলির ক্ষেত্রে ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও :

(i) Na^{+} (ii) Mg^{+2} (iii) F^{-1} (iv) S^{-2}

32. একটি মৌল A-এর পরমাণু ক্রমাঙ্ক 10 এবং ভরসংখ্যা 20 এবং অপর একটি মৌল B-এর পরমাণু ক্রমাঙ্ক 19 এবং ভরসংখ্যা 39। (i) মৌলগুলির পর্যায় সারণীতে অবস্থান নির্ণয় কর। (ii) উহাদের ইলেকট্রন বিন্যাস কি হইবে? (iii) মৌল দুইটির যোজ্যতা কি প্রকৃতির হইবে?

33. নিম্নলিখিত চিহ্নগুলির অর্থ কি?

$_{6}C^{14}$ $_{92}U^{238}$ $_{11}Na^{23}$ $_{17}Cl^{35}$

34. একটি মৌলের পরমাণুতে 30-টি নিউট্রন বর্তমান। উহার পারমাণবিক ওজন 60। মৌলটির পরমাণু ক্রমাঙ্ক কত?

35. নিম্নলিখিত অরবাইটালগুলি কিভাবে সূচিত করা হয়?

(i) $n=2, l=1$ (ii) $n=5, l=3$ (iii) $n=4, l=0$ (iv) $n=3, l=2$

36. নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলি ভুল কি নির্ভুল বল :

(i) পারমাণবিক বর্ণালীকে রেখা বর্ণালী বলা হয়।

(ii) একটি পরমাণুতে অবস্থিত দুইটি ইলেকট্রনের n, l, m-এর সমান হইলে, s-এর মান বিভিন্ন হইবে।

(iii) n-এর মানের বৃদ্ধির সহিত একটি কক্ষের শক্তির মান বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

(iv) একটি অরবাইটালের আকার সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যার দ্বারা সূচিত করা হয়।

(v) মুখ্য শক্তিস্তরে থাকাকালীন একটি ইলেকট্রন গতিশীল অবস্থায় শক্তি বিকিরণ করে।

37. শূন্যস্থান পূরণ কর :

(i) 1s এবং 2s অরবাইটালের আকার……।

2p অরবাইটালের আকার……।

(ii) একটি অরবাইটালের ব্যাপ্তি…………নির্ভর করে।

একটি „ আকার……নির্ভর করে।

একটি „ ত্রিমাত্রিক বিন্যাস……নির্ভর করে।

একটি ইলেকট্রনের ঘূর্ণন……নির্ভর করে।

(iii) 4d, 3p, এবং 5d অরবাইটালের মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা যথাক্রমে……এবং সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা যথাক্রমে………।

(iv) একটি অরবাইটালে……ইলেকট্রন থাকিতে পারে, যেহেতু স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যার মান……হইতে পারে।

(v) ......অনুসারে একটি পরমাণুতে দুইটি ইলেকট্রনের সকল কোয়ান্টাম সংখ্যার মান অভিন্ন হইতে পারে না।

(vi) ইলেকট্রনগুলি বিভিন্ন কক্ষ এবং উপকক্ষ অধিকার করে......নীতি অনুসারে।

(vii) একই মৌলের আইসোটোপের ভরসংখ্যা বিভিন্ন, কারণ তাহাদের কেন্দ্রকে......বিভিন্ন।

(viii) সর্বাপেক্ষা কম শক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রনের......মান 1 এবং কেন্দ্রকের সর্বাপেক্ষা...... ।

(ix) আইসোটোপের ভরসংখ্যা বিভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও উহাদের রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন কারণ...... ।

(x) ......হইতে......ইলেকট্রন গমন করিলে শক্তি বিকিরিত হয়।

(xi) মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যার মান 3 হইলে সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যার মান......হইতে পারে।

38. তেজস্ক্রিয় আকরিকে সব সময়ে হিলিয়াম গ্যাসের উপস্থিতি পরিলক্ষিত হয় কেন? একটি তেজস্ক্রিয় আকরিকের নাম কর। [J. E. 1985]

39. একটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ পর্যায় সারণীতে এই মৌলের স্থান কোথায়? এই মৌলটি কি? ইহার যোজ্যতা কত? [H. S. '86.] $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ইলেকট্রন বিন্যাসযুক্ত পরমাণুর

(i) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত? (ii) পর্যায় সারণীতে ইহার স্থান কোথায়? ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 32 হইলে উহার কেন্দ্রে নিউট্রন সংখ্যা কত?

[Tripura, 1986]

40. (a) s, p, d, f উপকক্ষে উর্ধ্বতম কত ইলেকট্রন থাকিতে পারে?

[Tripura 1986, '83, H. S. '81, J. E. 1986]

(b) C, Na, Cl, Ar-এর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও।

[H. S. 1981, Tripua '83]

(c) কোন কোন মৌল তেজস্ক্রিয় কিন্তু Au-এর মত অপর কিছু মৌল তেজস্ক্রিয় নহে কেন? [H. S. 1982]

41. কোন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে নয়টি প্রোটন আছে। ইহার ইলেকট্রন বিন্যাস ও নাম লিখ। ইহা পর্যায় সারণী কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত?

[Tripura, 1984]

42. পরমাণু ক্রমাঙ্ক এবং ভরসংখ্যার মধ্যে একটি সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। 11, 18 এবং 26 পরমাণু ক্রমাঙ্ক-বিশিষ্ট মৌলগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস লিখ। উহারা পর্যায় সারণীর কোন্ শ্রেণীর মৌল? [J. E. 1983]

43. নিম্নলিখিত প্রতীকগুলিকে ভাষায় প্রকাশ কর:

(i) ${}_{20}Ca^{40}$, ${}_{18}Ar^{40}$, (2) ${}_{17}Cl^{35}$, ${}_{17}Cl^{37}$

উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক কি? [J. E. 1983]

44. ব্যাখ্যা কর :

পরমাণুকে α-কণার দ্বারা আঘাত করিলে প্রতি দশ লক্ষে সামান্য কয়েকটি বিক্ষিপ্ত হয়। [J. E. 1984]

45. A, B ও C তিনটি মৌলে পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 1, 11, 17। উহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। A, B ও C-এর যোজ্যতার প্রকৃতি নির্ণয় কর। B এবং C পর্যায় সারণীর কোন্ পর্যায়ে এবং কোন্ শ্রেণীতে অবস্থান করে? [J. E. 1980]

46. নিম্নলিখিত সারণীটি সম্পূর্ণ কর :

মৌল	পাঃ ক্রমাঙ্ক	ভরসংখ্যা	ইলেকট্রন সংখ্যা	প্রোটন সংখ্যা	নিউট্রন সংখ্যা
হাইড্রোজেন	1	1			
ডয়টেরিয়াম		2	1		
কার্বন		12		6	
ক্যালসিয়াম			20		20
আয়োডিন	53				74

47. নিম্নলিখিত আয়নগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও :

(a) H^- (b) Li^+ (c) F^- (d) N^{2+}

48. নিম্নলিখিত আয়নগুলির কোন্‌টি নিয়ন্ পরমাণুর সহিত আইসো-ইলেকট্রনিক?

(a) C, (b) O^{2-}, (c) N^-, (d) F^+, (e) Na^+, (f) Al^{3+},

49. n=3 হইলে l-এর কি কি মান হইবে?

50. $l=2$ হইলে m-এর বিভিন্ন মান নির্ণয় কর।

51. নিম্নলিখিত অরবাইটালগুলির কোন্‌টি গোলাকার?

(a) $2p_x$, (b) 1s, (c) 2s

52. কোন্‌টি ঠিক বল :

(a) বোরের পারমাণবিক গঠনচিত্র নিম্নলিখিতগুলি ব্যাখ্যা করিতে পারে—

(i) কেবলমাত্র হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালী, (ii) একটি ইলেকট্রন বিশিষ্ট আয়ন অথবা পরমাণুর বর্ণালী, (iii) হাইড্রোজেন অণুর বর্ণালী, (iv) সৌরবর্ণালী। [I. I. T. 1985]

(b) অযুগ্ম ইলেকট্রন সমন্বিত অণু হইল, (i) NO, (ii) CO, (iii) CN, (iv) O_2 [I. I. T. 1985]

(c) পরমাণুর কেন্দ্রকের ব্যাসার্ধ নিম্নলিখিত মানগুলির নিকটবর্তী—

(i) 10^{-10} সেমি., (ii) 10^{-3} সেমি., (iii) 10^{-15} সেমি., (ii) 10^{-8} সেমি. [I. I. T. 1985]

53. নিম্নলিখিত বাক্যটি পূর্ণ কর :

β-নিঃসরণের ফলে ^{14}N উৎপন্ন হইলে প্রাথমিক মৌলটির কেন্দ্রকে নিউট্রন সংখ্যা······। [I. I. T. 1985]

54. $n=3$, $l=2$ বিশিষ্ট কক্ষকগুলির মোট ইলেকট্রন সংখ্যা কত ? [I. I. T. 1985]

55. কোন্‌টি সঠিক বল :

(a) অধিকাংশ মৌলের পারমাণবিক ওজন ভগ্নাংশ, কারণ

(i) মৌলগুলিতে সমস্থানিক বর্তমান, (ii) আইসোটোপগুলির পারমাণবিক ওজন ভগ্নাংশ, (iii) আইসোটোপগুলির পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন। [I. I. T. 1984]

(b) $^{76}_{32}Ge$-এর আইসোটোন হইল (i) $^{77}_{32}Ge$, (ii) $^{77}_{33}As$, (iii) $^{77}_{34}Se$, (iv) $^{78}_{34}Se$ [I. I. T. 1984]

(c) পাতলা ধাতব পাতের মধ্য দিয়া α-কণিকা পরিচালিত করিলে অধিকাংশই সরলরেখায় পাতটিকে অতিক্রম করে, কারণ

(i) α-কণা ইলেকট্রন অপেক্ষা অনেক ভারি, (ii) α-কণা ধনাত্মক তড়িদাধানযুক্ত, (iii) পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা, (iv) α-কণা উচ্চ গতি-সম্পন্ন কণা। [I. I. T. 1984]

(d) তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে নির্গত রশ্মিকে চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখিলে উহা যে-কোন একটি দিকে বাঁকিয়া যাইলে রশ্মিটি (i) অবশ্যই α-রশ্মি, (ii) β-রশ্মি, (iii) α ও β রশ্মির মধ্যে যে-কোন একটি হইতে পারে, (iv) α এবং β—উভয় রশ্মি। [I. I. T. 1984]

(e) e/m-এর ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে e, p, n এবং α-কণা সাজাইলে সজ্জাটি হইবে (i) e, p, n, α ; (ii) n, p, e. α ; (iii) n, p, α. e ; (iv) n, α, p. e [I. I. T. 1984]

(f) Rb (পাঃ ক্রঃ=37)-এর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রনের সঠিক কোয়ান্টাম সংখ্যা—(i) $5, 0, 0+\frac{1}{2}$ (ii) $5, 1, 0+\frac{1}{2}$ (iii) $5, 1, 1+\frac{1}{2}$ (iv) $6, 0, 0+\frac{1}{2}$ [I. I. T 1984]

(g) একটি পরমাণুর মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা, (i) অরবাইটালের আয়তন, (ii) ইলেকট্রন স্পিনের কৌণিক ভরবেগ, (iii) অরবাইটালের কৌণিক ভরবেগ, (iv) অরবাইটালের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের সহিত সম্পর্কিত। [I. I. T. 1983]

(h) রাদারফোর্ডের α-কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষা, (i) পরমাণুর কেন্দ্রকের আয়তন, (ii) পরমাণুর আয়তন, (iii) ইলেকট্রনের আয়তন, (iv) নিউট্রনের আয়তনের সহিত সম্পর্কিত। [I. I. T. 1983]

56. নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলি সঠিক কিনা বল :

(a) γ-রশ্মি হইল তড়িৎচুম্বকীয় বিকিরণ এবং উহার তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য 10^{-6} সেমি.-10^{-5} সেমি.।

(b) হাইড্রোজেন পরমাণুর 3d ইলেকট্রনের শক্তি 3s ইলেকট্রন অপেক্ষা কম। [I. I. T. 1983]

57. কোন্‌টি সঠিক ?

(a) রাদারফোর্ডের α-কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষা প্রথম প্রমাণ করিল যে, পরমাণুর মধ্যে (i) ইলেকট্রন, (ii) প্রোটন, (iii) কেন্দ্রক, (iv) নিউট্রন বর্তমান। [I. I. T. 1981]

(b) Ni^{2+}-এ কতগুলি অযুগ্ম (unpaired) ইলেকট্রন বর্তমান ?

(i) 0, (ii) 2, (iii) 4, (iv) 8. [I. I. T. 1981]

58. শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(a) 18 মিলি. জলে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা হইল—

(b) আধুনিক পারমাণবিক ভর একক ... ভরের উপর নির্ভরশীল। [I. I. T. 1980]

59. 7 মিলিগ্রাম ^{14}C-এ বর্তমান নিউট্রনের সংখ্যা এবং ভর নির্ণয় কর। [I. I. T. 1980]

60. সঠিক উত্তরটি নির্ণয় কর :

(a) কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা

(i) 22, (ii) 44, (iii) 66, (iv) 88।

(b) Zn^{++} (ভরসংখ্যা = 70)-এ নিউট্রনের সংখ্যা

(i) 34, (ii) 36, (iii) 38, (iv) 40। [I. I. T. 1979]

61. প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বোরনে দুইটি সমস্থানিক বর্তমান (10·01 এবং 11·01) বোরনের পারমাণবিক ওজন 10·81 হইলে প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বোরনে প্রত্যেকটি সমস্থানিকের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [I. I. T. 1978]

62. 20 মিলিগ্রাম CO_2 হইতে 10^{21} অণু বহির্গত হইলে অবশিষ্ট কত মৌল CO_2 বর্তমান থাকিবে ? [I. I. T. 1978]

63. নিম্নোক্ত উপকক্ষগুলিতে সর্বোচ্চ কতগুলি ইলেকট্রন অবস্থান করিতে পারে ?

(a) 3p, (b) 3d

যে-মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 18, তাহার ইলেকট্রন বিন্যাস লিখ। [J. E. 1986]

64. একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের ভরসংখ্যা 232 এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক 90। ইহা হইতে 6টি α-কণা এবং 4টিতে β-কণা বর্জিত হইলে শেষ মৌলটির ভরসংখ্যা এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক কত ? [J. E. 1986]

65. তেজস্ক্রিয়তার কারণ কি ? Ra এবং $RaCl_2$ তেজস্ক্রিয়তায় কোনও

পার্থক্য আছে কি ? নিষ্ক্রিয় গ্যাস এবং সন্ধিগত মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে কি কি বিশেষত্ব বর্তমান ? [J. E. 1986]

66. কোন্‌টি সঠিক বল :

(a) রাদারফোর্ডের α-কণিকা পরীক্ষার দ্বারা এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে, (i) ভর এবং শক্তির মধ্যে সম্পর্ক বর্তমান, (ii) কেন্দ্রকের চারিধারে যে-শূন্য স্থান আছে সেখানে ইলেকট্রন অবস্থান করে, (iii) কেন্দ্রকের অভ্যন্তরে নিউট্রন বর্তমান, (iv) একটি বস্তুর সহিত α-কণিকার ধাক্কা অবশ্যই ঘটে। [I. I. T. 1986]

(b) নিম্নলিখিত কোয়ান্টাম সংখ্যার সজ্জাগুলির কোন্‌টি অসম্ভব ?

	n	l	m	s
(i)	3	2	-2	$\frac{1}{2}$
(ii)	4	0	0	$\frac{1}{2}$
(iii)	3	2	-3	$\frac{1}{2}$
(iv)	5	3	0	$-\frac{1}{2}$

[I. I. T. 1986]

(c) সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার পরমাণুর সঙ্করায়ণ হইল (i) sp, (ii) sp^3, (iii) sp^2, (iv) dsp^2। [I. I. T. 1986]

(d) হাইড্রোজেনের সমস্থানিকে প্রোটন এবং নিউট্রনের যোগফল হইল— (i) 6, (ii) 5, (iii) 4, (iv) 3। [I. I. T. 1986]

67. হাইড্রোজেন এবং ফসফরাস পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা কত ? পরমাণুগুলির ইলেকট্রন সজ্জা দাও। PH_3-তে হাইড্রোজেন এবং ফসফরাসের যোজ্যতা নির্ণয় কর।

68. শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(i) কার্বন পরমাণুতে যোজ্যতা ইলেকট্রনের সংখ্যা — ।

(ii) He-এর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$ হইলে অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস — । [I. I. T. 1973]

(iii) ক্যালসিয়াম পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে—সংখ্যক ইলেকট্রন বর্তমান। [I. I. T. 1975]

(iv) কার্বন, অক্সিজেন এবং সোডিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস যথাক্রমে — — —। [I. I. T. 1975]

69. নিম্নলিখিত মৌলগুলির মধ্য হইতে আইসোটোপ, আইসোবার এবং আইসোটোনগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ কর :

${}^{16}_{8}O$, ${}^{40}_{19}K$, ${}^{14}_{6}C$, ${}^{238}_{92}U$, ${}^{14}_{7}N$, ${}^{40}_{20}Ca$, ${}^{18}_{8}O$, ${}^{235}_{92}U$, ${}^{77}_{32}Ge$, ${}^{77}_{33}As$, ${}^{77}_{34}Se$, ${}^{78}_{34}Se$

70. মুখ্য কোয়ান্টাম $n=6$ হইলে (i) উপকক্ষগুলির মোটসংখ্যা কত ? (ii) কক্ষকগুলির মোটসংখ্যা কত ? (iii) মোট ইলেকট্রন সংখ্যা কত ?

71. স্বাভাবিক অবস্থায় N এবং O পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লিখ। ঐ পরমাণু দুইটির কাহার আয়নয়ন শক্তি বেশি হইবে এবং কেন ?

72. (i) একটি 2s অরবাইটাল, (ii) একটি 2p অরবাইটাল এবং (iii) একটি 4d অরবাইটালের ক্ষেত্রে n, l এবং m-এর মান কি হইবে ?

73. নিম্নলিখিত অরবাইটালগুলিকে কিভাবে সূচিত করা হয় :

(i) $n=2, l=1$ (ii) $n=2, l=0$, (iii) $n=4, l=3$, (iv) $n=4, l=2$, (v) $n=4, l=1$

74. স্বাভাবিক অবস্থায় সর্বোচ্চ শক্তিসমন্বিত ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে $n=4, l=0, m=0, s=-\frac{1}{2}$ হইলে, মৌলটির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত হইবে ?

75. Ca^{2+}-এ বর্তমান ইলেকট্রনের সমসংখ্যক ইলেকট্রন সমন্বিত অন্য একটি পরমাণু অথবা আয়নের নাম উল্লেখ কর।

76. ক্ষার ধাতুগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস কিভাবে নিম্নলিখিত ঘটনাকে ব্যাখ্যা করিতে পারে ?

(i) প্রথম আয়নয়ন শক্তির মান তুলনামূলকভাবে কম।

(ii) ইহাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান তুলনামূলকভাবে কম।

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 5 দিন অর্ধায়ুবিশিষ্ট একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের 1 গ্রাম লইয়া পরীক্ষা করিলে 30 দিন পরে উহার কি পরিমাণ অবশিষ্ট থাকিবে ? (উঃ। 0·0156 গ্রাম)

2. নিম্নলিখিত পরিবর্তন সাধন করিতে সংশ্লিষ্ট তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ কর :

(a) ${}_{13}Al^{27} \rightarrow {}_{15}P^{30}$

(b) ${}_{3}Li^{7} \rightarrow {}_{4}Be^{8}$

(c) ${}_{92}U^{238} \rightarrow {}_{90}Th^{234}$

(উঃ। (a) ${}_{13}Al^{27} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{15}P^{31} \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_{0}n^{1}$

(b) ${}_{3}Li^{7} + {}_{1}H^{2} \rightarrow {}_{4}Be^{8} + {}_{0}n^{1}$

(c) ${}_{92}U^{238} \rightarrow {}_{90}Th^{234} + {}_{2}\alpha^{4}$)

3. তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ${}_{11}A^{24}$ একটি β-কণা বিকিরণ করিয়া একটি সুস্থিত আইসোটোপ B-এ পরিবর্তিত হইল। B মৌলটির নামকরণ কর।

(উঃ। B=Mg)

4. ${}_{83}Bi^{209}$-কে α-কণা দ্বারা আঘাত করিলে পরমাণুটির কেন্দ্রক উহা আত্মস্থ করিয়া দুইটি নিউট্রন মুক্ত করিল। উৎপন্ন মৌলটির নাম কি ?

(উঃ। মৌলটি=At)

5. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনগুলি সম্পূর্ণ কর :

(a) ${}_{7}N^{14}+{}_{2}He^{4}\rightarrow{}_{8}O^{17}+\cdots\cdots$

(b) ${}_{1}H^{3}\rightarrow{}_{2}He^{3}+\cdots\cdots$

(c) ${}_{11}Na^{23}+{}_{2}He^{4}\rightarrow{}_{12}Mg^{26}+\cdots\cdots$

(d) $2{}_{1}H^{2}\rightarrow{}_{2}He^{3}+\cdots\cdots$

(উ: । (a) $-{}_{1}H^{1}$, (b) $-\beta$, (c) $-{}_{1}H^{1}$, (d) $-{}_{0}n^{1}$)

6. ${}_{15}P^{30}$ আইসোটোপের অর্ধায়ু 3 মিনিট। 15 মিনিট পরে 16 মাইক্রোগ্রাম আইসোটোপ কত গ্রামে পরিণত হইবে ? (উ: । 0·5 মাইক্রোগ্রাম)

7. ইউরেনিয়াম 238 কিভাবে প্লুটোনিয়ামে পরিণত হয় ?

(উ: । $U^{238}+n\rightarrow U^{239}\xrightarrow{-2\beta}Pu^{239}$)

8. ${}_{7}N^{14}$-কে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করিলে C^{14} উৎপন্ন করে। উত্তেজিত কেন্দ্রক হইতে আর কি কণা নির্গত হয় ? (উ: । ${}_{7}N^{14}+{}_{0}n^{1}\rightarrow{}_{6}C^{14}+{}_{1}H^{1}$)

9. 15 টন পিচব্লেণ্ড আকরিক হইতে 25 মিলিগ্রাম $RaCl_2$ পাওয়া গেলে আকরিকে রেডিয়ামের শতকরা পরিমাণ কত ? (উ: । $19\times10^{-7}\%$)

10. একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু 6,500 বৎসর। এই মৌলটি 128 গ্রাম ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া 1 গ্রামে পরিণত হইতে কত বৎসর সময় লাগিবে ?

(উ: । 45500 বৎসর)

11. রেডিয়ামের বাজার দর গ্রাম প্রতি 350000 টাকা হইলে রেডিয়ামের মূল্যের ভিত্তিতে 50 মাইক্রোগ্রাম $RaCl_2$-এর মূল্য কত হইবে ?

(উ: । 13·30 টাকা)

12. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ায় সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(a) ${}_{15}P^{30}\rightarrow{}_{14}Si^{30}+\cdots\cdots$

(b) ${}_{14}Si^{27}\rightarrow{}_{13}Al^{27}+\cdots\cdots$

(c) ${}_{20}Ca^{43}+{}_{2}He^{4}\rightarrow{}_{21}Sc^{46}+\cdots\cdots$

(d) ${}_{48}Cd^{113}+\cdots\cdots\rightarrow{}_{48}Cd^{114}$

(উ: । (a) ${}_{+1}e^{0}$, (b) ${}_{+1}e^{0}$, (c) ${}_{1}H^{1}$, (d) ${}_{0}n^{1}$)

13. ক্লোরিনের দুইটি আইসোটোপের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 34·9787 এবং 36·9775 a.m.u.। ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·45 হইলে প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ক্লোরিনে আইসোটোপ দুইটির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (উ: । 76 : 24)

14. কোন মৌলের একটি আইসোটোপের সঙ্কেত ${}^{52}_{24}E$। (a) মৌলটির নাম কি ? (b) উহার কেন্দ্রকে নিউট্রন এবং প্রোটনের সংখ্যা কত ? (c) আইসোটোপের একটি পরমাণুর বহিঃকক্ষে মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা কত ? (উ: । Cr)

15. একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 16টি নিউট্রন বর্তমান এবং বহিঃকক্ষে মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা 15। পরমাণুটি কোন্ মৌলের আইসোটোপ ? উহার প্রতীক কি হইবে ? (উ: । ${}_{15}P^{31}$)

16. একটি মৌলিক পরমাণুর ভরসংখ্যা 181 এবং উহাতে উপস্থিত মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 73। মৌলটির নাম কি? পরমাণুটির কেন্দ্রকে নিউট্রন ও প্রোটন সংখ্যা নির্ণয় কর। (উঃ। Ta)

17. প্রাকৃতিক ক্লোরিনে Cl^{35} 75·5% এবং Cl^{37} 24·5% বর্তমান থাকিলে ক্লোরিনের গড় পারমাণবিক ওজন কত হইবে? (উঃ। 35·49)

18. প্রাকৃতিক ম্যাগনেসিয়ামে Mg^{24} 78·6%, Mg^{25} 10·1% এবং Mg^{26} 11·3% বর্তমান থাকিলে ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (উঃ। 24·32)

19. প্রাকৃতিক গ্যালিয়ামে Ga^{71} এবং Ga^{69} আইসোটোপ বর্তমান। উহার পারমাণবিক ওজন 69·72 a.m.u. হইলে আইসোটোপ দুইটির পরিমাণগত অনুপাত নির্ণয় কর। (উঃ। 1 : 1·78)

20. তেজস্ক্রিয় Sr^{81}-এর অর্ধায়ু 8·5 ঘন্টা। 200 মিলিগ্রাম Sr^{81} ক্ষয়-প্রাপ্ত হইয়া 25·5 ঘন্টা পরে কত মিলিগ্রামে পরিণত হইবে? (উঃ। 25 মিলিগ্রাম)

21. 2·5 ঘন্টা পরে অবশিষ্ট I^{128}-এ I^{128}-এর শতকরা পরিমাণ কত হইবে? ইহার অর্ধায়ু 25 মিনিট। (উঃ। 1·56%)

22. তেজস্ক্রিয় Na^{24} β^+ নিঃসরণ করে। ইহার অর্ধায়ু 14·8 ঘন্টা। তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়াটির সমীকরণ কি হইবে? 29·6 ঘন্টা পরে, ইহার 24 গ্রাম হইতে উৎপন্ন জাতক মৌলের পরিমাণ কত হইবে?

(উঃ। ${}_{11}Na^{24} \rightarrow {}_{10}Ne^{24} + \beta^+$; 18 গ্রাম)

23. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(a) ${}^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha}$ (b) ${}^{235}_{92}U \xrightarrow{\alpha}$

(c) ${}^{239}_{94}Pu \xrightarrow{\alpha}$ (d) ${}^{86}_{37}Rb \xrightarrow{\beta}$

(e) ${}_{25}Mn^{57} \xrightarrow{\beta}$ (f) ${}^{234}_{90}Th \xrightarrow{\beta}$

(g) ${}^{18}_{9}F \xrightarrow{\beta^+}$ (h) ${}^{11}_{6}C \xrightarrow{\beta^+}$ (i) ${}^{45}_{22}Ti \longrightarrow$

কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে জাতক পরমাণুগুলি প্রাথমিক পরমাণুর আইসোবার?

24. নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলিতে কি প্রকার তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হয়?

(a) ${}^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn$ (b) ${}^{239}_{93}Np \longrightarrow {}^{239}_{94}Pu$

(c) ${}^{152}_{62}Sm \longrightarrow {}^{148}_{60}Nd$ (d) ${}^{111}_{46}Pd \longrightarrow {}^{111}_{47}Ag$

25. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি লিখ :

(a) $^{61}_{28}Ni + ^{1}_{1}H \longrightarrow ? + ^{1}_{0}n$ (b) $^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \longrightarrow ? + ^{4}_{2}He$

(c) $^{27}_{13}Al + ^{1}_{1}H \longrightarrow ? + ^{4}_{2}He$ (d) $? + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{83}_{35}Br \rightarrow ? + ^{1}_{0}n$

25. একটি সমস্থানিকের ভরসংখ্যা এবং পারমাণবিক সংখ্যা কিভাবে পরিবর্তিত হইবে যদি,

(a) প্রথমে একটি α-কণা এবং পর পর দুইটি β-কণা নিঃসৃত হয়।

(b) কেন্দ্রক-কর্তৃক দুইটি প্রোটন আত্মস্থ হইবার পর দুইটি নিউট্রন নিঃসৃত হয়।

(c) কেন্দ্রক-কর্তৃক একটি α-কণা আত্মস্থ হইবার পর দুইটি $^{2}_{1}D$ নিঃসৃত হয়।

26. ^{226}Ra-এর কেন্দ্রক হইতে কয়টি α এবং β-কণা বিচ্ছিন্ন হইলে জাতক মৌলটির ভরসংখ্যা 206 হইবে এবং উহা পর্যায় সারণীর IV শ্রেণীতে অবস্থান করিবে ? মৌলটির নাম কি ? (উঃ। $^{206}_{82}Pb$)

27. $^{238}_{92}U$-এর কেন্দ্রক হইতে α এবং β-কণা নির্গত হইবার ফলে $^{226}_{88}Ra$ উৎপন্ন হইল। $^{238}_{92}U$ হইতে কয়টি α এবং β-কণা নির্গত হইয়াছিল ?

(উঃ। $3\alpha, 2\beta$)

28. একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 9টি প্রোটন এবং 10টি নিউট্রন বর্তমান থাকিলে মৌলটির পারমাণবিক ওজন, পারমাণবিক সংখ্যা এবং তড়িৎ-যোজ্যতা কত হইবে ? (উঃ। 19, 9, 1)

29. নিম্নলিখিত মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন ও যোজ্যতা নির্ণয় কর :

(i) মৌলের কেন্দ্রকে 18টি নিউট্রন এবং 17টি প্রোটন বর্তমান।

(ii) মৌলের কেন্দ্রকে 10টি প্রোটন 10টি নিউট্রন বর্তমান।

(উঃ। (i) 35, −1, (ii) 20, 0)

30. শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(i) অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 13। ইহার কেন্দ্রকে প্রোটন সংখ্যা — নিউট্রন সংখ্যা — এবং বহিঃকক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা —। ইহার তড়িৎ-যোজ্যতা —।

(ii) ক্যালসিয়ামের কেন্দ্রকে নিউট্রন সংখ্যা 20। উহার বহিঃকক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা 20। ক্যালসিয়ামের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক —, ভরসংখ্যা — এবং তড়িৎ-যোজ্যতা —। (উঃ। (i) 13, 14, 3; (ii) 20, 40, 2)

31. একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 7টি প্রোটন এবং 7টি নিউট্রন বর্তমান মৌলটির পারমাণবিক ওজন ওঃযোজ্যতা নির্ণয় কর। (উঃ। 14, 3)

32. একটি মৌল A-এর পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 10, পারমাণবিক ওজন 20। অপর একটি মৌল B-এর পারমাণবিক ওজন 39 এবং পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 19—

(i) মৌল দুইটির পর্যায় সারণীতে অবস্থান নির্ণয় কর।

(ii) মৌল দুইটির বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও।

(iii) মৌল দুইটির পরমাণুতে নিউট্রন সংখ্যা নির্ণয় কর।

(iv) মৌল দুইটি কি প্রকারের যোজ্যতা প্রদর্শন করিবে?

(উঃ। A—যোজ্যতা=0, পর্যায় সারণীর '0' শ্রেণী
B—যোজ্যতা=1, VII শ্রেণী)

33. নিম্নলিখিত মৌলগুলির ক্ষেত্রে পারমাণবিক ওজন ও যোজ্যতা নির্ণয় কর:

(i) একটি মৌলিক পরমাণুর কেন্দ্রকে 8টি নিউট্রন এবং 8টি প্রোটন বর্তমান।

(ii) একটি মৌলিক পরমাণুর কেন্দ্রকে 17টি প্রোটন ও 18টি নিউট্রন বর্তমান।

(iii) একটি মৌলিক পরমাণুর কেন্দ্রকে 16টি প্রোটন এবং 16টি নিউট্রন বর্তমান। (উঃ। (i) 16, − 2, (ii) 35, −1, (ii) 32, −2)

34. নিম্নলিখিত পরমাণুগুলির বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও:

(i)	কার্বন	(পা. গু.=12, পা. স.=6)
(ii)	অক্সিজেন	(পা. গু.=16 পা. স.= 8)
(iii)	সোডিয়াম	(পা. গু.=23 পা. স.=11)
(iv)	ক্লোরিন	(পা. গু.=35 পা. স.=17)
(v)	আর্গন	(ভরসংখ্যা=40, পা. ক্র.=18)
(vi)	ইউরেনিয়াম	(ভরসংখ্যা=235, পা. ক্র.=92)
(vii)	স্যামারিয়াম	(ভরসংখ্যা=150, পা. ক্র.=62)

35. $l=2$ এবং $l=3$ হইলে m-এর মান কতগুলি হইবে? (উঃ। 5, 7)

36. যে-কক্ষের মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা $n=4$ সেই কক্ষে সর্বাপেক্ষা অধিক কয়টি ইলেকট্রন অবস্থান করিতে পারে? (উঃ। 32)

37. 4p উপস্তরের পর কোন্ উপস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইবে? (উঃ। 5s)

38. 4s উপস্তরের পর কোন্ উপস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইবে। (উঃ। 3d)

39. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে কক্ষকগুলি কিভাবে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইবে?
(i) $n+l=5$ (ii) $n+l=6$ (iii) $n+l=7$

40. (a) যে-মৌলিক পরমাণুর ক্ষেত্রে 4d অরবাইটাল পূর্ণ হইয়া 5s উপস্তর পূর্ণ হইতে শুরু করিয়াছে সেই মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা কত হইবে?

(b) যে-মৌলিক পরমাণুর ক্ষেত্রে 4p উপস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইতে শুরু হইয়াছে তাহার পারমাণবিক সংখ্যা কত হইবে? [উঃ। (a) Ag (47), (b) 31 (Ga]

41. 5s উপস্তরের পর কোন্ উপস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইবে? (উঃ। 4d)

42. কোন্ মৌলে 4f উপস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইতে শুরু করিয়াছে? কোন্ মৌলে 4f উপস্তরটি সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ হইয়াছে? (উঃ। Ce ; Yb)

43. 5p উপস্তরের পর কোন্ উপস্তর পূর্ণ হয়? 5d উপস্তরের পর কোন্ উপস্তর পূর্ণ হয়? (উঃ। 6s, 6p)

44. নিম্নলিখিত ইলেকট্রন বিন্যাসগুলির কোন্‌টি অবাস্তব এবং কেন?

(a) $1p^3$ (b) $3p^6$ (c) $3s^2$ (d) $2s^2$ (e) $2d^5$ (f) $5d^2$ (g) $3f^{12}$ (h) $2p^4$ (i) $3p^7$।

45. উত্তেজিত অবস্থায় নিম্নলিখিত পরমাণুগুলির ক্ষেত্রে কয়টি করিয়া অপূর্ণ d অরবাইটাল বর্তমান?

(a) Cl (b) V (c) Mn (উঃ। (a) 5, (b) 2, (c) 0)

46. নিম্নলিখিত পরমাণুগুলির ক্ষেত্রে স্বাভাবিক অবস্থায় কয়টি করিয়া অযুগ্ম ইলেকট্রন বর্তমান?

(a) B (b) S (c) As (d) Cr (e) Hg (f) Eu [উঃ। 1, 2, 3, 6, 0, 7]

47. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখানো হইল। প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে মৌলগুলির নাম এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক নির্ণয় কর:

(a) $5s^2 5p^4$ (b) $3d^5 4s^1$ (উঃ। (a) 52 (Te) ; (b) 24 (Cr))

48. একটি মৌলিক পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ মৌলটি কি? (উঃ। Fe)

49. নিম্নলিখিত আয়নগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস লিখ:

(a) Sn^{2+} (b) Sn^{4+} (c) Mn^{2+} (d) Cu^{2+} (e) Cr^{3+} (f) S^{2-}

50. কোন্ পর্যায়ের মৌলগুলির ক্ষেত্রে বহিঃকক্ষের ইলেকট্রনের n এবং l-এর মানের যোগফল 5 ($n+l=5$) (উঃ। 4th এবং 5th)

60. পর্যায় সারণীর VI শ্রেণীর যে-সকল মৌলের বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস অভিন্ন প্রকৃতির তাহাদের নাম কর। এই মৌলগুলির ক্ষেত্রে উহাদের পরমাণুগুলির বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণভাবে প্রকাশ কর।

(উঃ। O, S, Se, Te, ns^2np^4)

———

২

পর্যায় সারণী তথা মৌলের শ্রেণীবিভাগ

PERIODIC CLASSIFICATION OF ELEMENTS

[Syllabus : Mendeleeff's Periodic Law. Periodicity of properties of elements. Significance of groups and sub-groups. Defects in Mendeleeff's Periodic Table. Description of the periodic table on the basis of electronic arrangement. Electronegativity (Qualitative concept only with examples). Its variation along periods, groups and sub-groups in the periodic table.]

2.1 ইতিহাস

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত মৌলের সংখ্যা 92। ইহা ছাড়া আরও কমপক্ষে 13টি কৃত্রিম মৌল আবিষ্কৃত হইয়াছে। এতগুলি মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম একত্রে মনে রাখা খুব কষ্টসাধ্য। এই মৌলগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সহজভাবে মনে রাখার জন্য মৌলগুলিকে উহাদের ধর্মের সাদৃশ্য অনুসারে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করার চেষ্টা অনেক আগে থেকেই শুরু হইয়াছিল। এইভাবে শ্রেণীবদ্ধ করার ফলে একই শ্রেণীর মৌলগুলির ধর্মের সাদৃশ্য দেখা যায়। সুতরাং একটি বিশেষ শ্রেণীর কয়েকটি মৌলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিলে ঐ শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে একটি সাধারণ ধারণা সৃষ্টি হইবে—ইহাই ছিল উদ্দেশ্য। এই ব্যাপারে প্রথম যে-প্রচেষ্টা করা হয় তাহা হইল মৌলগুলিকে দুইভাগে ভাগ করা। প্রথম শ্রেণী হইল ধাতু (metals), দ্বিতীয় শ্রেণী হইল অধাতু (non-metals)। মৌলের এই শ্রেণীবিভাগ খুব সুবিধাজনক হয় নাই। তাহা ছাড়া কিছু কিছু মৌল আছে যাহারা ধাতু এবং অধাতু উভয়ের ন্যায় আচরণ করে।

দ্বিতীয় প্রচেষ্টা হয় মৌলের যোজ্যতা অনুসারে মৌলকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা। কিন্তু এই প্রচেষ্টাও সফলকাম হয় নাই কারণ (i) একাধিক যোজ্যতা-যুক্ত মৌল বর্তমান। (ii) বিভিন্ন প্রকৃতির যোজ্যতা বর্তমান, যথা তড়িৎ-যোজ্যতা, সমযোজ্যতা, অসমযোজ্যতা ইত্যাদি।

ডোবারনিয়ার (Dobereiner, 1817) হইলেন প্রথম বিজ্ঞানী যিনি লক্ষ্য করেন যে, সমধর্মসম্পন্ন তিনটি মৌল পরপর সাজাইলে মধ্যম মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব প্রথম ও তৃতীয়টির পারমাণবিক ওজনের গড় মানের সমান হয়। তাহা ছাড়া মধ্য মৌলটির ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের সঙ্গে প্রথমটির কিছু মিল এবং তৃতীয়টির কিছু মিল থাকে। ইহা ত্রয়ী সূত্র (law of Triad) নামে পরিচিত। উদাহরণ :

Li	Na	K ;	Ca	Sr	Ba ;	S	Se	Te ;
(7)	(23)	(39)	(40)	(88)	(137)	32	79	128
Cl	Br	I	K	Rb	Cs			
(35·5)	(80)	(127)	(39)	(85·5)	(132·91)			

[পারমাণবিক ওজনগুলি নিচে বন্ধনীর মধ্যে দেখানো হইয়াছে।]

ভালভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, এই সূত্র কয়েকটি মৌলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হইলেও বেশির ভাগ মৌলের ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রযোজ্য নহে। সুতরাং ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম অনুসারে মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করার প্রচেষ্টা চলিতে লাগিল। 1864 খ্রীস্টাব্দে নিউল্যাণ্ড (Newland, 1864-1866) দেখান যে, মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজাইলে অষ্টম মৌলটির ধর্মের সহিত প্রথম মৌলের ধর্মের সাদৃশ্য থাকে। অর্থাৎ মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজাইলে প্রতিটি অষ্টম মৌলে প্রথম মৌলের ধর্মের পুনরাবৃত্তি হয়। নিউল্যাণ্ডের সূত্র অনুসারে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে নিম্নলিখিত মৌলগুলিকে সাজান হইল :

Li	Be	B	C	N	O	F
7	9·02	10·82	12	14	16	19
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
23	24	27	28·1	31	32	35·5
K	Ca					
39	40					

বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায়, Li, Na, K সমধর্মী, Be, Mg, Ca সমধর্মী, B, Al, সমধর্মী, C, Si সমধর্মী, N, P সমধর্মী, O, S সমধর্মী, F, Cl সমধর্মী। কিন্তু উচ্চ পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট মৌলের ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রয়োগ করা সম্ভব হয় নাই। তাহা ছাড়া নিউল্যাণ্ডের সময় কতকগুলি মৌলের পারমাণবিক ওজনে ভুল ছিল। তাই নিউল্যাণ্ডের সূত্র সর্বক্ষেত্রে সফলভাবে প্রয়োগ করা যায় নাই।

2.2 পর্যায় সূত্র (Periodic Law)

মৌলের শ্রেণীবিন্যাসে নিউল্যাণ্ডের পর যে-দুইজন বিজ্ঞানীর নাম উল্লেখযোগ্য তাঁহারা হলেন রাশিয়ার রসায়নবিজ্ঞানী মেণ্ডেলিফ (D. I. Mendeleeff, 1869) এবং জার্মান বিজ্ঞানী লোথার মেয়ার (Lother Mayer, 1870)। এই দুইজন বিজ্ঞানী পরস্পরের নিরপেক্ষভাবে একটি সূত্র দেন। সূত্রটি হইল—**বিভিন্ন মৌলের এবং উহাদের যৌগের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্বের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়।** ইহার অর্থ হইল মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সজ্জিত করিলে মৌলগুলির ধর্ম পরিবর্তিত হইতে থাকিবে এবং একটি নির্দিষ্ট ব্যবধানে উহাদের ধর্মের পুনরাবৃত্তি ঘটিবে। এই সূত্রানুসারে মেণ্ডেলিফ উহাদের রাসায়নিক ধর্ম বিচার করিয়া মৌলগুলির শ্রেণীবিন্যাস করিয়াছিলেন। অপরপক্ষে, লোথার মেয়ার উহাদের ভৌতধর্ম বিচার করিয়া মৌলগুলির শ্রেণীবিন্যাস করিয়াছিলেন। তবু তাঁহারা দুইজনে যে-সারণী প্রস্তুত করিয়াছিলেন তাঁহাদের



চিত্র 2.1 মেণ্ডেলিফ

মধ্যে প্রচুর মিল ছিল এবং দুইজনেই অতি প্রত্যয়ের সঙ্গে প্রচার করিয়াছিলেন যে, মৌলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম উহাদের পারমাণবিক ওজনের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়। মেণ্ডেলিফের সারণী কতকগুলি ক্ষেত্রে আরও বিস্তৃত থাকায় মেণ্ডেলিফের সারণীকে তুলনামূলকভাবে বেশি গুরুত্ব দেওয়া হইয়াছিল।

পর্যায় সূত্রের ভিত্তিতে মৌলগুলির শ্রেণীবিভাগকে বলা হয় **পর্যায়ক্রমিক শ্রেণীবিভাগ** (periodic classification of elements) এবং যে-সারণী প্রস্তুত করা হয় তাহাকে বলা হয় **পর্যায় সারণী** (Periodic Table)।

মেণ্ডেলিফ বুঝিতে পারিয়াছিলেন যে, মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করার সর্বোত্তম উপায় হইল মৌলগুলিকে তাহাদের রাসায়নিক ধর্ম অনুসারে শ্রেণীবদ্ধ করা। মৌলগুলিকে উহাদের রাসায়নিক ধর্মানুসারে সজ্জিত করিতে গিয়া তিনি পর্যায় সূত্র আবিষ্কার করেন। 1871 খ্রীস্টাব্দে তিনি মৌলের একটি সারণী দেন (সারণী I)। মৌলের রাসায়নিক ধর্মকে তিনি এত বেশি গুরুত্ব দিয়াছিলেন যে, তিনি তাঁহার পর্যায় সারণীতে মৌলগুলিকে উহাদের যোজ্যতা অনুসারে সাজাইয়াছিলেন। তাঁহার মতে সকল মৌলের যোজ্যতা উহাদের পারমাণবিক ওজনের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়। সুতরাং মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে মৌলগুলি সজ্জিত ছিল উহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে এবং যোজ্যতার পর্যায়ক্রমিক পুনরাবৃত্তির ভিত্তিতে।

এইভাবে সাজানর ফলে যে 8টি (আটটি) উল্লম্ব (vertical) অংশ সৃষ্টি হইয়াছে তাহাদিগকে মেণ্ডেলিফ **শ্রেণী** (Group) আখ্যা দেন এবং 12-টি অনুভূমিক অংশকে সমন্বয় বা সিরিজ (Series) আখ্যা দেন। শ্রেণীগুলিকে রোমান সংখ্যা I হইতে VIII দ্বারা প্রকাশ করা হয়। প্রত্যেক শ্রেণীকে আবার দুইটি **উপশ্রেণী** (Sub-group) a এবং b-তে ভাগ করা হয়। প্রত্যেকটি শ্রেণীতে প্রত্যেকটি মৌলের যোজ্যতা সমান (Li, Na, K-এর যোজ্যতা সমান এবং ইহার মান এক)। প্রত্যেকটি সিরিজে বাম হইতে ডানদিকে যাইলে মৌলগুলির যোজ্যতা বৃদ্ধি হইবে (Li, Be, B, C ইত্যাদির যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3, 4......)। মেণ্ডেলিফ তাঁহার সারণীতে কয়েকটি স্থান ফাঁকা রাখিয়াছিলেন এবং দৃঢ় প্রত্যয়ের সঙ্গে বলিয়াছিলেন যে, সেই মৌলগুলি ভবিষ্যতে আবিষ্কৃত হইবে। যেমন, তিনি Zn-এর পর এবং As-এর আগে দুইটি স্থান ফাঁকা রাখিয়াছিলেন। তিনি আরও বলিয়াছিলেন যে, এই দুইটি মৌলের প্রথমটির রাসায়নিক প্রকৃতি Al-এর মত হইবে এবং দ্বিতীয়টির রাসায়নিক প্রকৃতি Si-এর মত হইবে। মেণ্ডেলিফ উহাদের নাম দিয়াছিলেন একা-এ্যালুমিনিয়াম এবং একা-সিলিকন এবং ইহাদের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করিয়াছিলেন। এই দুইটি মৌলই তাঁহার জীবদ্দশাতে আবিষ্কৃত হইয়াছিল এবং মেণ্ডেলিফ প্রদত্ত ধর্মের সহিত মৌলগুলির ধর্ম মিলিয়া গিয়াছিল। একা-এ্যালুমিনিয়ামের বর্তমান নাম গ্যালিয়াম (Ga) এবং একা-সিলিকনের বর্তমান নাম জার্মেনিয়াম (Ge)। মেণ্ডেলিফের ভবিষ্যদ্বাণীর সহিত গ্যালিয়াম এবং জার্মেনিয়ামের ধর্ম কিভাবে মিলিয়া গিয়াছিল তাহা II এবং III সারণী লক্ষ করিলে বুঝা যাইবে।

অনুরূপভাবে, Ti-এর আগে তিনি একটি ফাঁক রাখিয়াছিলেন এবং মৌলটির নাম দিয়েছিলেন একা-বোরন। পরে ইহা আবিষ্কৃত হইয়াছিল এবং ইহার বর্তমান নাম স্ক্যাণ্ডিয়াম (Sc)। মেণ্ডেলিফ প্রদত্ত ধর্মের সহিত Sc-এর ধর্ম হুবহু মিলিয়া গিয়াছিল। IV নং সারণী হইতে ইহাও সম্যক বুঝা যাইবে।

পর্যায়	শ্রেণী I (a, b)	II (a, b)	III (a, b)	IV (a, b)	V (a, b)	VI (a, b)	VII (a, b)	VIII a	VIII b(0)
1	H 1·0								He 4·0
2	Li 6·9	Be 9·0	B 10·8	C 12·0	N 14·0	O 16·0	F 19·0		Ne 20·2
3	Na 23·0	Mg 24·3	Al 27·0	Si 28·1	P 31·0	S 32·1	Cl 35·5		Ar 39·9
4	K 39·1	Ca 40·1	Sc 45·0	Ti 47·9	V 50·9	Cr 52·0	Mn 54·9	Fe Co Ni 55·8 58·9 58·7	
	Cu 63·5	Zn 65·4	Ga 69·7	Ge 72·6	As 74·9	Se 79·0	Br 79·9		Kr 83·8
5	Rb 85·5	Sr 87·6	Y 88·9	Zr 91·2	Nb 92·9	Mo 95·9	Tc	Ru Rh Pd 101·1 102·9 106·4	
	Ag 107·9	Cd 112·4	In 114·8	Sn 118·7	Sb 121·8	Te 127·6	I 126·9		Xe 131·3
6	Cs 132·9	Ba 137·3	La * 138·9	Hf 178·5	Ta 180·9	W 183·9	Re 186·2	Os Ir Pt 190·2 192·2 195·1	
	Au 197·0	Hg 200·6	Tl 204·4	Pb 207·2	Bi 209·0	Po	At		Rn
7	Fr	Ra	Ac **						

*	Ce 140·1	Pr 140·9	Nd 144·2	Pm	Sm 150·4	Eu 152·0	Gd 157·3	Tb 158·9	Dy 162·5	Ho 164·9	Er 167·3	Tm 168·9	Yb 173·0	Lu 175·0
**	Th 232·0	Pa	U 238·0	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

* ল্যান্থানাইডস ** অ্যাক্টিনাইডস

সারণী I মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী (1871)। শেডযুক্ত এলাকার মৌলগুলি মেণ্ডেলিফের সময়ে আবিষ্কৃত হয় নাই।

সারণী II
একা-সিলিকন

ধর্ম	একা-সিলিকন (Es) (মেণ্ডেলিফ, 1871)	জার্মেনিয়াম (Ge) (1886 খ্রীস্টাব্দে আবিষ্কৃত—একা-সিলিকনের নূতন নাম)
পারমাণবিক গুরুত্ব	72	72·59
আপেক্ষিক গুরুত্ব	5·5	5·35
গলনাঙ্ক	উচ্চ	1220K
আপেক্ষিক তাপ (J/g)	0·3051	0·3093
পারমাণবিক আয়তন	13	13·5
বর্ণ	ঘন ধূসর	শ্বেতাভ ধূসর
যোজ্যতা	4	4
অ্যাসিড এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া	HCl-কর্তৃক সামান্য আক্রান্ত হইবে কিন্তু NaOH-এ দ্রবীভূত হইবে না।	Ge অ্যাসিড এবং ক্ষার দ্বারা আক্রান্ত হয় না।
অক্সাইডের আপেক্ষিক গুরুত্ব	4·7	4·228
ক্লোরাইডের আপেক্ষিক গুরুত্ব	1·9	1·844
ক্লোরাইডের স্ফুটনাঙ্ক	373 K	357 K

সারণী III
একা-এ্যালুমিনিয়াম

ধর্ম	একা-এ্যালুমিনিয়াম (Ea) (মেণ্ডেলিফ, 1871)	গ্যালিয়াম (Ga) (1875 খ্রীস্টাব্দে আবিষ্কৃত—একা-এ্যালুমিনিয়ামের নূতন নাম)
পারমাণবিক গুরুত্ব	68	69·72
আপেক্ষিক গুরুত্ব	5·9	5·904
গলনাঙ্ক	কম	302·78K
অ্যাসিড এবং ক্ষারে দ্রাব্যতা	উভয় মাধ্যমে ধীরে দ্রবীভূত হইবে।	Ga উভয় মাধ্যমে ধীরে দ্রবীভূত হয়।
অক্সাইডের সঙ্কেত	Ea_2O_3	Ga_2O_3
অক্সাইডের আঃ গুরুত্ব	5·5	5·88 (β বহুরূপ)
সালফেটের বিক্রিয়া	$Ea_2(SO_4)_3$ অ্যালাম গঠন করিবে।	Ga-এর অ্যালাম সুপরিচিত।

ধর্ম	একা-এ্যালুমিনিয়াম (Ea)	গ্যালিয়াম (Ga)
সালফাইড প্রস্তুতি	ইহার লবণের সহিত H_2S অথবা $(NH_4)_2S$ বিক্রিয়া করিয়া Ea_2S_3 অধঃক্ষিপ্ত করিবে।	Ga_2S_3 এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অধঃক্ষিপ্ত হয়।
ক্লোরাইডের ধর্ম	$EaCl_3$, $ZnCl_2$ অপেক্ষা উদ্বায়ী হইবে।	$GaCl_3$, $ZnCl_2$ অপেক্ষা অধিক উদ্বায়ী।

সারণী IV
একা-বোরন (Eb)

একা-বোরন (Eb) (মেণ্ডেলিফ, 1871)	স্ক্যাণ্ডিয়াম (Sc) (1879 খ্রীস্টাব্দে আবিষ্কৃত—একা-বোরনের নূতন নাম)
পারমাণবিক গুরুত্ব 44	45·1
আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·0	3·0
পারমাণবিক আয়তন 15	15
ধাতুটি অনুদ্বায়ী হইবে	কম উদ্বায়ী
ক্ষারকীয় অক্সাইড গঠন করিবে	ক্ষারকীয় অক্সাইড গঠন করে
উচ্চ উষ্ণতায় জলকে বিযোজিত করিবে	ফুটন্ত অবস্থায় জলকে বিযোজিত করে
Eb_2O_3 জলে অদ্রবণীয় হইবে এবং ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 3·5 হইবে	Sc_2O_3 জলে অদ্রবণীয় এবং ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 3·864
Eb_2O_3-এর অ্যালাম গঠনের প্রবণতা কম হইলেও অ্যালাম গঠন করিবে	Sc_2O_3, $3K_2SO_4$, $Sc_2(SO_4)_3$ সঙ্কেতের অ্যালাম গঠন করে

এইগুলি ছাড়া মেণ্ডেলিফ তাঁহার সারণীতে আরও কতকগুলি ফাঁক রাখিয়াছিলেন এবং ঐ সকল মৌলের ধর্ম সম্বন্ধে কোন ভবিষ্যদ্বাণী করেন নাই, কেবল বলিয়াছিলেন যে, পরবর্তী কালে ঐ সকল মৌল আবিষ্কৃত হইবে। তাহা অক্ষরে অক্ষরে সত্য হইয়াছিল।

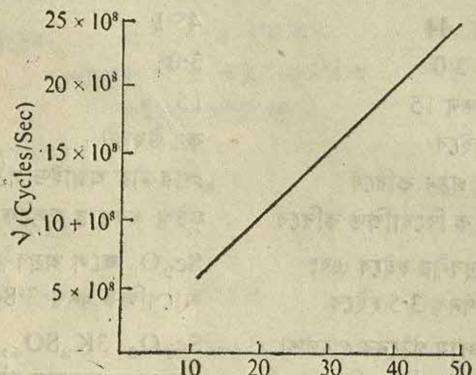
মেণ্ডেলিফের সারণী লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, তিনি Cu, Ag, Au-কে প্রথম শ্রেণীতে রাখিয়াছিলেন। তাঁহার মত ছিল সমরাসায়নিক ধর্ম সমন্বিত মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন হয় কাছাকাছি হইবে অথবা নিয়মিতভাবে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে (Li, Na, K)। Fe, Co, Ni-এর পারমাণবিক ওজন (যথাক্রমে 56, 59, 59) প্রায় কাছাকাছি হওয়ায় তিনি তাহাদিগকে অষ্টম শ্রেণীতে স্থান দিয়াছিলেন। অনুরূপভাবে Ru, Rh, Pd ; Os, Ir, Pt-কে একই শ্রেণীতে স্থান দিয়াছিলেন। সুতরাং মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর ভিত্তি ছিল।

(1) মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উহাদের পারমাণবিক

ওজনের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়; (2) মৌলের যোজ্যতা উহাদের পারমাণবিক ওজনের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয় এবং (3) নিয়মিত ভাবে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট মৌলগুলির **(Li, Na, K)** অথবা প্রায় সমান পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট মৌলগুলির **(Fe, Co, Ni)** ধর্ম একই হইবে।

2.4 উন্নততর পর্যায় সারণী বা হ্রস্বাকার আধুনিক পর্যায় সারণী

মোসলে (Moslay, 1913) পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, প্রত্যেকটি মৌলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রিত হয় মৌলের পারমাণবিক সংখ্যার দ্বারা, উহার পারমাণবিক ওজন দ্বারা নহে। বিভিন্ন মৌলিক ধাতু-কর্তৃক নিঃসৃত X-রশ্মির কম্পাঙ্কের বর্গমূল ($\sqrt{\nu}$) মৌলগুলির পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সাপেক্ষে ছক কাগজে সংস্থাপন করিয়া তিনি দেখেন যে, এই মানগুলি মৌলগুলির পারমাণবিক



চিত্র 2.2

ক্রমাঙ্কের সহিত সরলরৈখিক ভাবে পরিবর্তিত হইয়াছে (চিত্র 2.2)। অপরপক্ষে পারমাণবিক ওজনের সহিত এই পরিবর্তন অত্যন্ত অসংলগ্ন ও খাপছাড়া। তাই তিনি বলেন যে, মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সহিত নির্ভরশীল। অর্থাৎ মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা মৌলটির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম নির্ধারণ করে। ইহার পর মেণ্ডেলিফের পর্যায় সূত্র রূপান্তরিত হইয়া দাঁড়ায়—

মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উহাদের পারমাণবিক সংখ্যার সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়। ইহার অর্থ হইল মৌলগুলিকে উহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক সংখ্যা অনুসারে সাজাইলে উহাদের ধর্ম পরিবর্তিত হইতে থাকিবে এবং একটি নির্দিষ্ট ব্যবধানে উহাদের ধর্মের পুনরাবৃত্তি ঘটিবে।

রূপান্তরিত পর্যায় সূত্রের ভিত্তিতে রচিত পর্যায় সারণী পরপৃষ্ঠায় দেখান হইল

(সারণী V)। মনে রাখিতে হইবে মেণ্ডেলিফের সময় জানা ছিল না এমন অনেক মৌল ইহাতে স্থান পাইয়াছে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি মেণ্ডেলিফের সময় অজ্ঞাত ছিল।

হ্রস্বাকার আধুনিক পর্যায় সারণী (পরমাণু ক্রমাঙ্কভিত্তিক)

পর্যায়	সমহয়	শ্রেণী I A	I B	II A	II B	III A	III B	IV A	IV B	V A	V B	VI A	VI B	VII A	VII B	VIII	VIII	VIII	0	পর্যায়গুলিতে উপস্থিত মৌল সংখ্যা
1	1	1·008 H 1																	4·003 He 2	2
2	2	6·940 Li 3		9·013 Be 4			10·82 B 5		12·011 C 6		14·008 N 7		16·000 O 8		19·00 F 9				20·18 Ne 10	8
3	3	22·991 Na 11		24·32 Mg 12			26·98 Al 13		28·09 Si 14		30·975 P 15		32·066 S 16		35·457 Cl 17				39·94 Ar 18	8
4	4	39·100 K 19		40·08 Ca 20		44·96 Sc 21		47·90 Ti 22		50·95 V 23		52·01 Cr 24		54·94 Mn 25		55·85 Fe 26	58·94 Co 27	58·71 Ni 28		18
	5		63·54 Cu 29		65·38 Zn 30		69·72 Ga 31		72·60 Ge 32		74·91 As 33		78·96 Se 34		79·916 Br 35				83·80 Kr 36	
5	6	85·48 Rb 37		87·63 Sr 38		88·92 Y 39		91·22 Zr 40		92·91 Nb 41		95·95 Mo 42		99 Tc 43		101·1 Ru 44	102·91 Rh 45	106·4 Pd 46		18
	7		107·880 Ag 47		112·41 Cd 48		114·82 In 49		118·70 Sn 50		121·76 Sb 51		127·61 Te 52		126·91 I 53				131·3 Xe 54	
6	8	132·91 Cs 55		137·36 Ba 56		138·92 * La 57		178·50 Hf 72		180·95 Ta 73		183·86 W 74		186·22 Re 75		190·2 Os 76	192·2 Ir 77	195·23 Pt 78		32
	9		197·2 Au 79		200·61 Hg 80		204·39 Tl 81		207·21 Pb 82		209 Bi 83		210 Po 84		210 At 85				222 Rn 86	
7	10	223 Fr 87		226·05 Ra 88		** 227 Ac 89		257 Ku 104		260 Ha 105	অসমাপ্ত পর্যায়									

* ল্যান্থানাইডস (বিরল মৃত্তিকা শ্রেণী)	140·13 Ce 58	140·92 Pr 59	144·27 Nd 60	145 Pm 61	150·35 Sm 62	152 Eu 63	157·26 Gd 64	158·93 Tb 65	162·51 Dy 66	164·94 Ho 67	167·27 Er 68	168·94 Tm 69	173·04 Yb 70	174·99 Lu 71
** অ্যাক্টিনাইডস	232·05 Th 90	231 Pa 91	238·07 U 92	237 Np 93	242 Pu 94	243 Am 95	243 Cm 96	245 Bk 97	249 Cf 98	254 Es 99	253 Fm 100	256 Md 101	254 No 102	257 Lw 103

← ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল → (Np 93 – Lw 103)

সারণী V

নূতন সারণীতে '0' শ্রেণী (শূন্য শ্রেণী) সৃষ্টি করিয়া নিষ্ক্রিয় মৌলগুলিকে এই শ্রেণীতে

স্থাপিত করা হইয়াছে। সুতরাং এই সারণীকে মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী পরিমার্জিত এবং পরিবর্ধিত রূপ বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

2.5 পরিবর্ধিত এবং পরিমার্জিত পর্যায় সারণী বা হ্রস্বাকার আধুনিক পর্যায় সারণীর বিবরণ

পর্যায়ঃ এই পর্যায় সারণীর অনুভূমিক সারিকে (row) বলা হয় পর্যায় (period)।

প্রথম পর্যায় খুবই ছোট (very short) এবং ইহাতে কেবলমাত্র দুইটি মৌল হাইড্রোজেন (H) এবং হিলিয়াম (He) বর্তমান। পরের দুইটি ছোট পর্যায়ে (short) 8টি করিয়া মোট 16টি মৌল আছে। দ্বিতীয় ছোট পর্যায়ে Li হইতে Ne এবং তৃতীয় ছোট পর্যায়ে Na হইতে Ar বর্তমান। চতুর্থ এবং পঞ্চম পর্যায় দীর্ঘ এবং প্রত্যেকটিতে 18টি করিয়া মৌল আছে। ষষ্ঠ পর্যায় খুব দীর্ঘ এবং ইহাতে মোট 32টি মৌল বর্তমান। সপ্তম পর্যায় অসম্পূর্ণ এবং ইহাতে বেশির ভাগ তেজস্ক্রিয় মৌল অবস্থান করে। প্রথম পর্যায়কে বলা হয় **অতি হ্রস্ব** পর্যায়। দ্বিতীয় এবং তৃতীয় পর্যায়কে বলা হয় **হ্রস্ব পর্যায়**। চতুর্থ এবং পঞ্চম পর্যায়কে বলা হয় **দীর্ঘ পর্যায়**। ষষ্ঠ পর্যায়কে বলা হয় **অতি দীর্ঘ** পর্যায়। প্রথম, দ্বিতীয় এবং তৃতীয় পর্যায়ের সকল মৌলকে **আদর্শ মৌল** (representative element) বলা হয়। তাহা ছাড়া দীর্ঘ ও অতিদীর্ঘ পর্যায়ের প্রত্যেকটির প্রথম দুইটি এবং শেষ ছয়টি আদর্শ মৌলের অন্তর্গত।

চতুর্থ পর্যায়ে K (পটাশিয়াম) হইতে Kr (ক্রিপটন) এবং পঞ্চম পর্যায়ে Rb (রুবিডিয়াম) হইতে Xe (জেনন) অর্থাৎ প্রতিটি পর্যায়ে 18টি করিয়া মৌল থাকায় ইহাকে দীর্ঘ পর্যায় বলা হয়। ষষ্ঠ পর্যায়ে Cs (সিজিয়াম) হইতে Rn (রেডন) মোট 32টি মৌল বর্তমান। এই কারণে ইহাকে অতিদীর্ঘ পর্যায় বলা হয়। এই পর্যায়ে La (ল্যান্থানাম)-এর সহিত আরো চৌদ্দটি মৌলকে [সিরিয়াম (Ce) হইতে লুটেসিয়াম (Lu)] একত্রে স্থান দেওয়া হইয়াছে। ইহার কারণ La এবং এই চৌদ্দটি মৌলের রাসায়নিক ধর্মের প্রচুর মিল আছে। এই মৌলগুলিকে বিরল মৃত্তিকা (rare earth elements) বা ল্যান্থানাইডস্ (lanthanides) বলা হয়। পূর্বেই বলা হইয়াছে সপ্তম পর্যায় অসম্পূর্ণ। তবে ইহা অতিদীর্ঘ পর্যায়ের অন্তর্ভুক্ত। এই পর্যায়ের প্রায় সব মৌলই তেজস্ক্রিয়। Ac (অ্যাক্টিনিয়াম)-এর সহিত Th (থোরিয়াম) হইতে Lw (লরেনসিয়াম) পর্যন্ত চৌদ্দটি মৌল একত্রে অবস্থান করে। ইহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো বিরল মৃত্তিকা গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামোর মত। ইহাদের বলা হয় অ্যাক্টিনাইডস্ (Actinides)। ইউরেনিয়াম (U)-এর পরবর্তী মৌলগুলিকে কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত করা হইয়াছে এবং ইহারা সকলেই তেজস্ক্রিয়। পর্যায় সারণীতে ইউরেনিয়ামের পরে অবস্থিত মৌলগুলিকে বলা হয় **ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল** (transuranic element)।

2.6 শ্রেণী ও উপশ্রেণী

পর্যায় সারণীর উল্লম্ব সারিকে বলা হয় শ্রেণী (group)। ইহাতে মোট 9টি শ্রেণী আছে। 0 শ্রেণী এবং I হইতে VIII শ্রেণী। 0 এবং VIII শ্রেণী ছাড়া প্রত্যেকটি শ্রেণী দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত। উপশ্রেণীগুলিকে A এবং B অক্ষরের দ্বারা প্রকাশ করা হয়। **একই শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির মধ্যে সাধারণভাবে ধর্মের মিল থাকে। অপরপক্ষে একই উপশ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির ধর্মের মধ্যে অধিকতর মিল দেখা যায়।** IA উপশ্রেণীর মৌলগুলিকে ক্ষারশ্রেণীর মৌল (alkali metals) বলা হয়। IB মৌলগুলিকে মুদ্রাধাতু (coinage metal) বলা হয়। IIA মৌলগুলিকে ক্ষারীয় মৃত্তিকা শ্রেণীর মৌল বলা হয়। প্রথম শ্রেণীর Li, Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au-এর মধ্যে রাসায়নিক ধর্মের মিল সাধারণভাবে পরিলক্ষিত হইলেও IA উপশ্রেণী অন্তর্ভুক্ত Li, Na, K, Rb, Cs মৌলগুলির ধর্মের সাদৃশ্য সর্বাধিক। আবার, Cu, Ag, Au-এর ধর্মের সাদৃশ্য অধিকতর। অন্যান্য ক্ষেত্রেও অনুরূপ ঘটনা দেখা যায়। 0-শ্রেণী এবং VIII শ্রেণীতে কোনও উপশ্রেণী নাই। 0-শ্রেণীর মৌলগুলি সবগুলিই গ্যাস এবং রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। এইগুলিকে **নিষ্ক্রিয় গ্যাস** (Inert gas—He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) বলে। VIII-শ্রেণীতে পর পর তিনটি মৌলকে একই শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে [(Fe, Co, Ni), (Ru, Rh, Pd), (Os, Ir, Pt)]। ইহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামোর মধ্যে সাদৃশ্য থাকায় ইহাদের রাসায়নিক ধর্মে প্রচুর মিল আছে। তাই ইহাদিগকে একত্রে একই শ্রেণীতে রাখা হইয়াছে। এই মৌলগুলিকে মেণ্ডেলিফ **সন্ধিগত মৌল** (transitional elements) বলিয়াছিলেন। **সন্ধিগত মৌল** বলার কারণ হইল এই মৌলগুলি দীর্ঘ পর্যায়ের A এবং B-উপশ্রেণীর মধ্যে সংযোগ সাধন করিয়াছে। (সন্ধি=সংযোগ)। ল্যান্থানাইডস্ এবং অ্যাক্টিনাইডস্ শ্রেণীর মৌলগুলিকে আলাদাভাবে সারণীর নিচে দেখানো হইয়াছে (সারণী V)।

2.7 মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো এবং পরিমার্জিত বা হ্রস্বাকার-পর্যায় সারণী

পূর্ববর্তী-আলোচনায় আমরা জানিতে পারিলাম যে, মৌলগুলির ধর্ম উহাদের পারমাণবিক সংখ্যার সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়। পারমাণবিক সংখ্যা হইল মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রোটনের সংখ্যা অথবা উহার বাহিরে মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা। কোন মৌলের রাসায়নিক ধর্ম প্রাথমিকভাবে মৌলটির পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামোর উপর নির্ভর করে। কিন্তু পরমাণুর বাহিরের শক্তিস্তরে অবস্থিত ইলেকট্রন সংখ্যার উপর মৌলের রাসায়নিক ধর্ম আরও বেশি নির্ভরশীল। কারণ আমরা জানি বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস বিভিন্ন। পরমাণুর

সর্ববহিস্থ স্তরের শক্তির পরিমাণ সর্বোচ্চ। এই শক্তিস্তরকে বলা হয় যোজ্যতা স্তর (valence shell)। এই স্তরের ইলেকট্রনগুলি তুলনামূলকভাবে বেশি মুক্ত (কেন্দ্রক হইতে দূরে বলিয়া)। তাই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইহারাই অংশগ্রহণ করে। (যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদে ইহা আরো পরিষ্কারভাবে ব্যাখ্যা করা হইবে)। যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রনগুলিই কোনও মৌলের রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে, **মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস, বিশেষ ভাবে উহাদের পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস পর্যায় সারণীর ভিত্তি হওয়া উচিৎ।** প্রকৃত প্রস্তাবে পরিবর্ধিত এবং পরিমার্জিত পর্যায় সারণীটি মৌলের পারমাণবিক গঠন অনুসারে ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

আমরা যদি ভালভাবে লক্ষ্য করি তাহা হইলে দেখিতে পাইব যে, পর্যায় সারণীটির প্রত্যেকটি পর্যায়ের ক্রমিক সংখ্যার মান পর্যায়স্থিত মৌলগুলির মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যার সমান। প্রথম পর্যায়ে হাইড্রোজেন এবং হিলিয়াম আছে। ইহাদের ইলেকট্রন বিন্যাস যথাক্রমে $1s^1$ এবং $1s^2$। অর্থাৎ ইহাদের কেন্দ্রকের পর যে-শক্তিস্তর বর্তমান তাহার মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা $n=1$। এই মুখ্য স্তরে আউফবাউ নীতি অনুসারে ইলেকট্রনগুলি সজ্জিত আছে। এই পর্যায়ে প্রথম শক্তিস্তর K ($n=1$) পূর্ণ হইয়াছে।

দ্বিতীয় পর্যায়ের সূত্রপাত হয় যখন $n=2$, অর্থাৎ মৌলের পরমাণুতে দ্বিতীয় শক্তিস্তর আবির্ভূত হয়। এই পর্যায়ে প্রথম মৌল লিথিয়াম, ইহার ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^1$ এবং শেষ মৌল নিয়ন, ইহার ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6$। এই পর্যায়ে মোট মৌলসংখ্যা আট এবং ইহাতে দ্বিতীয় শক্তিস্তর L ($n=2$) ইলেকট্রন দ্বারা ক্রমশ পূর্ণ হইয়াছে।

অনুরূপভাবে, তৃতীয় পর্যায়ে তৃতীয় শক্তিস্তরের অর্থাৎ M স্তরের ($n=3$) আবির্ভাব ঘটে। তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম মৌল সোডিয়াম এবং ইহার সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস $3s^1$। এই পর্যায়ের শেষ মৌল আর্গন এবং ইহার সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস $3s^2 3p^6$। এই পর্যায়ে মোট আটটি মৌল আছে এবং তৃতীয় শক্তিস্তর ইলেকট্রন দ্বারা ক্রমশ পূর্ণ হয়।

অনুরূপভাবে, চতুর্থ পর্যায়ের শুরুর সঙ্গে সঙ্গে চতুর্থ শক্তিস্তর ($n=4$) ইলেকট্রন দ্বারা ক্রমশ পূর্ণ হইতে থাকে। এই স্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইয়া যাইবার পর পঞ্চম স্তরের আবির্ভাব হয় অর্থাৎ পঞ্চম পর্যায়ের সূত্রপাত হয়। চতুর্থ পর্যায়ের প্রথম মৌল পটাসিয়াম ($4s^1$) এবং শেষ মৌল ক্রিপটন ($4s^2 4p^6$)। এই পর্যায়ে মোট মৌলের সংখ্যা আঠার। পূর্ববর্তী পর্যায়ের তুলনায় ইহাতে দশটি মৌল অধিক বর্তমান। ইহার কারণ হইল ইহাতে কতকগুলি মৌল আছে যেগুলির পরমাণুতে 4s উপস্তর ভর্তি হইবার পর 4p উপস্তর পূর্ণ হইবার পূর্বে 3d উপস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়।

পঞ্চম পর্যায় চতুর্থ পর্যায়ের মত। অর্থাৎ ইহাতেও মোট আঠারটি মৌল

আছে। 5s উপস্তরের পর 5p উপস্তর পূর্ণ হইবার পূর্বে 4d উপস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয় বলিয়া ইহাতেও দশটি অধিক মৌল বর্তমান।

ষষ্ঠ পর্যায়ে মোট বত্রিশটি মৌল আছে। এই পর্যায়ের মৌলগুলিতে 6s, 4f, 5d, 6p উপস্তরগুলি পর পর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়। ল্যান্থানামের সঙ্গে আরো চৌদ্দটি মৌল (58 – 71) থাকায় এই পর্যায়ে মোট 32টি মৌল আছে।

সপ্তম পর্যায় ($n=7$) ষষ্ঠ পর্যায়ের মত। তবে এই পর্যায়টি অসম্পূর্ণ।

আমরা জানি পর্যায় সারণীর উল্লম্ব সারিকে বলা হয় শ্রেণী, আবার প্রত্যেকটি শ্রেণী দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত। যথা, উপশ্রেণী A এবং উপশ্রেণী B। IA উপ-শ্রেণীতে হাইড্রোজেন ($1s^1$), লিথিয়াম ($2s^1$), সোডিয়াম ($3s^1$), পটাসিয়াম ($4s^1$) ইত্যাদি মৌল আছে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণুর বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস এক রকম অর্থাৎ ns^1 ($n=1, 2, 3$ ইত্যাদি)। IIA উপশ্রেণীর মৌলগুলির পরমাণুর বাহিরের ইলেকট্রন কাঠামো $2s^2$। অনুরূপ-ভাবে IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB উপশ্রেণী এবং 0 শ্রেণীর মৌলগুলির বহিঃকক্ষের সাধারণ ইলেকট্রন কাঠামো ns^2np^1 হইতে ns^2np^6 (ns^2np^{1-6})।

আবার IB, IIB, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA উপশ্রেণী ও VIIB উপ-শ্রেণীর এবং VIII শ্রেণীর মৌলগুলির পরমাণুর বহিস্তরের একটি সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস বর্তমান তাহা হইল $(n-1)d^{1-10}\ ns^{1-2}$। এই সকল মৌলকে সন্ধিগত মৌল (Transitional elements) বলা হয়। অন্যভাবে বলিতে গেলে বলা যায় যে, যে-সকল মৌলের বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)d^{1\ 10}ns^{1-2}$ সেই সকল মৌল হইল সন্ধিগত মৌল। IIIA উপশ্রেণীতে ল্যান্থানামের সঙ্গে এবং অ্যাক্টিনিয়ামের সঙ্গে আরও চৌদ্দটি করিয়া মৌল স্থান পাইয়াছে। এই সকল মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস একরকম, অর্থাৎ $(n-2)\,f^{0-14}(n-1)d^{0-1}ns^2$। স্পষ্টত ল্যান্থানাইড শ্রেণীর ক্ষেত্রে $n=6$ এবং অ্যাক্টিনাইড শ্রেণীর ক্ষেত্রে $n=7$। ইহাদিগকে আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল (Inner transitional element) বলা হয়। এই শ্রেণী দুইটি পর্যায় সারণীর নিচে আলাদা-ভাবে দেখান হইয়াছে।

2.8 দীর্ঘাকার পর্যায় সারণী (Long form of Periodic Table)

মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে বোর (Bohr) এবং বারি (Burry) 1921 খ্রীস্টাব্দে আধুনিক পর্যায় সারণীকে বিস্তৃত করিয়া একটি নূতন পর্যায় সারণী প্রকাশ করেন। তাহা বোরের পর্যায় সারণী বা দীর্ঘাকার পর্যায় সারণী নামে পরিচিত (সারণী VI)। মেণ্ডেলিফের সারণী অনুসারে ইহাতে সাতটি পর্যায় আছে। কিন্তু ইহাতে মোট আঠারটি শ্রেণী আছে। উপশ্রেণীগুলিকেও এক একটি শ্রেণী হিসাবে গণ্য করা হইয়াছে। চতুর্থ, পঞ্চম, ষষ্ঠ ও সপ্তম পর্যায়ের মধ্যে এবং আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌলগুলিকে স্থান দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে Ru, Rh, Pd এবং Os, Ir, Pt মৌলগুলি পৃথক পৃথক শ্রেণীতে স্থা

নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি সারণীর সর্বদক্ষিণে 0-শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। হ্রস্বাকার

দীর্ঘাকার পর্যায় সারণী

পরমাণু ক্রমাঙ্কভিত্তিক

পর্যায়	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	0	পর্যায়গুলিতে উপস্থিত মৌল সংখ্যা
	S ব্লক মৌল		d – ব্লক মৌল										p – ব্লক মৌল						
1 1s	1·008 H 1																	4·003 He 2	2
2 2s 2p	6·939 Li 3	9·012 Be 4											10·81 B 5	12·011 C 6	14·007 N 7	15·999 O 8	19·00 F 9	20·183 Ne 10	8
3 3s 3p	22·989 Na 11	24·312 Mg 12	সন্ধিগত মৌল										26·98 Al 13	28·086 Si 14	30·974 P 15	32·064 S 16	35·453 Cl 17	39·948 Ar 18	8
4 4s 3d 4p	39·102 K 19	40·08 Ca 20	44·956 Sc 21	47·90 Ti 22	50·942 V 23	52·00 Cr 24	54·94 Mn 25	55·85 Fe 26	58·933 Co 27	58·71 Ni 28	63·54 Cu 29	65·37 Zn 30	69·72 Ga 31	72·59 Ge 32	74·92 As 33	78·96 Se 34	79·909 Br 35	83·80 Kr 36	18
5 5s 4d 5p	85·47 Rb 37	87·62 Sr 38	88·905 Y 39	91·22 Zr 40	92·91 Nb 41	95·94 Mo 42	99 Tc 43	101·07 Ru 44	102·905 Rh 45	106·4 Pd 46	107·87 Ag 47	112·40 Cd 48	114·82 In 49	118·69 Sn 50	121·75 Sb 51	127·60 Te 52	126·90 I 53	131·3 Xe 54	18
6 6s (4f) 5d 6p	132·91 Cs 55	137·34 Ba 56	138·91 * La 57	178·49 Hf 72	180·948 Ta 73	183·85 W 74	186·23 Re 75	190·2 Os 76	192·20 Ir 77	195·09 Pt 78	196·97 Au 79	200·59 Hg 80	204·37 Tl 81	207·19 Pb 82	208·98 Bi 83	210 Po 84	210 At 85	222 Rn 86	32
7 7s (5f) 6d	223 Fr 87	226 Ra 88	227 ** Ac 89	257 Ku 104	260 Ha 105	অসমাপ্ত পর্যায়													

f – ব্লক মৌল

* ল্যান্থানাইডস (বিরল মৃত্তিকা শ্রেণী)	140·12 Ce 58	140·91 Pr 59	144·24 Nd 60	147 Pm 61	150·35 Sm 62	152·0 Eu 63	157·25 Gd 64	158·924 Tb 65	162·50 Dy 66	164·93 Ho 67	167·26 Er 68	168·934 Tm 69	173·04 Yb 70	174·97 Lu 71
** অ্যাক্টিনাইডস	232·04 Th 90	231 Pa 91	238·03 U 92	237 Np 93	242 Pu 94	243 Am 95	247 Cm 96	249 Bk 97	251 Cf 98	254 Es 99	253 Fm 100	256 Md 101	253 No 102	257 Lw 103

ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল (Np 93 – Lw 103)

সারণী VI

বা আধুনিক পর্যায় সারণীর মত ল্যান্থানাইডস এবং অ্যাক্টিনাইডস মৌলগুলিকে সারণীর নিচে আলাদাভাবে সারণী আকারে দেওয়া হইয়াছে (সারণী VI)।

2.9 ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলগুলিকে বিভিন্ন সমাবেশে বিভাগ (Classification of elements in blocks)

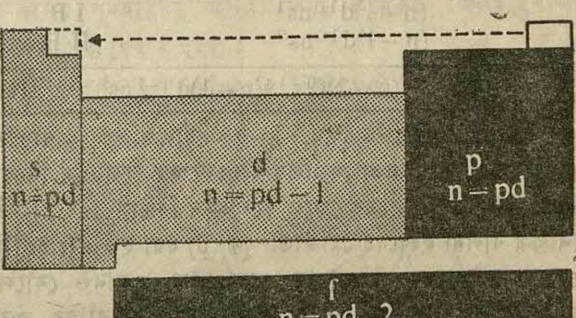
বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলগুলিকে s, p, d, এবং f সমাবেশে বা ব্লকে ভাগ করা যায়। IA এবং IIA শ্রেণীর মৌলগুলির পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস যথাক্রমে ns^1 এবং ns^2। এই মৌলগুলিকে বলা হয় **s-সমাবেশের মৌল** বা **s-ব্লক মৌল**।

IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB এবং 0 শ্রেণীর মৌলগুলির বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস ns^2np^{1-6}। এই মৌলগুলিকে বলা হয় **p-সমাবেশের মৌল** বা **p-ব্লক মৌল**।

s-ব্লক এবং p-ব্লক মৌলগুলিকে যৌথভাবে আদর্শ মৌল বা স্বাভাবিক মৌল (representative elements) বলা হয়।

IB, IIB, IIIA হইতে VIIA এবং VIII শ্রেণীর মৌলগুলির পরমাণুর বাহিরে কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)d^{1-10}ns^{1-2}$। এই মৌলগুলিতে n-এর মান 4, 5 অথবা 6। এই সকল মৌলকে বলা হয় **d-সমাবেশের মৌল** অথবা **d-ব্লক মৌল**। d-ব্লক মৌলগুলি সন্ধিগত মৌলের অন্তর্ভুক্ত।

সন্ধিগত মৌলগুলির মধ্যে ল্যান্থানাইডস্ (58–71) এবং অ্যাক্টিনাইডস্ (90–103) মৌলগুলির পরমাণুর বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস যে $(n-2)f^{0-14}(n-1)d^{0-1}ns^2$ তাহা আমরা আগেই জানিয়াছি। ইহারা আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল। ইহাদিগকে **f-সমাবেশের মৌল** অথবা **f-ব্লক মৌল** বলা হয় (চিত্র 2.3)।



চিত্র 2.3

সুতরাং ইহা স্পষ্ট যে, কোনও মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা জানা থাকিলে মৌলটির পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস বাহির করিয়া মৌলটি কোন্ ব্লকের মৌল তাহা জানা যায়। আবার মৌলটি কোন্ ব্লকের মৌল জানিতে পারিলে দীর্ঘাকার পর্যায় সারণীতে উহা কোন্ পর্যায় এবং কোন্ শ্রেণীতে অবস্থিত তাহা নির্ধারণ করা যায়। পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো এবং দীর্ঘাকার পর্যায় সারণীতে উহারা কোন্ ব্লকে, কোন্ শ্রেণীতে অবস্থান করে তাহা VII সারণীতে দেখানো হইল।

সারণী VII
পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো এবং দীর্ঘাকার পর্যায় সারণীতে মৌলগুলির অবস্থান

ব্লক বা সমাবেশ	ইলেকট্রন কাঠামো	পর্যায় সারণীর শ্রেণী
s	ns^1	I A (ক্ষারীয় ধাতু)
	ns^2	II A (ক্ষারকীয় মৃত্তিকা ধাতু)
p	ns^2np^1	III A
	ns^2np^2	IV A
	ns^2np^3	V A
	ns^2np^4	VI A
	ns^2np^5	VII A (হ্যালোজেন মৌলসমূহ)
	ns^2np^6	শূন্য শ্রেণী (নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ)
d	$(n-1)d^1ns^2$	III B
	$(n-1)d^2ns^2$	IV B
	$(n-1)d^3ns^2$	V B
	$(n-1)d^5ns^1$	VI B
	$(n-1)d^5ns^2$	VII B
	$(n-1)d^6ns^2$, $(n-1)d^7ns^2$, $(n-1)d^8ns^2$	VIII
	$(n-1)d^{10}ns^1$	I B
	$(n-1)d^{10}ns^2$	II B
f	$(n-2)f^{0-14}(n-1)d^{0-1}ns^2$	III B

আমরা দেখিয়াছি যে, p-ব্লক মৌলগুলির মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি স্থান পাইয়াছে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস ns^2np^6 (হিলিয়াম ছাড়া কারণ হিলিয়ামের ক্ষেত্রে ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$)। ইহারা রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় বলিয়া ইহাদের যোজ্যতা শূন্য (0) ধরা হয় এবং ইহাদিগকে '0' শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। এইবার দেখা যাক, কোনও মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা হইতে পর্যায় সারণীতে উহার অবস্থান কিভাবে বাহির করা যায়। সোডিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা 11। উহার ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^22s^22p^63s^1$। সুতরাং ইহা তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম শ্রেণীর মৌল। ক্লোরিনের পারমাণবিক সংখ্যা 17। ইহার ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^22s^22p^63s^23p^5$। সর্ববহিস্থ কক্ষের মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা $n=3$ এবং সর্ববহিস্থ কক্ষের মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 7। অতএব ক্লোরিন তৃতীয় পর্যায়ের VII শ্রেণীতে অবস্থান করে। নিয়নের পারমাণবিক সংখ্যা 10। ইহার পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^22s^22p^6$। সুতরাং ইহা দ্বিতীয় পর্যায়ের '0' শ্রেণীতে অবস্থান করে। সুতরাং বলা যায় যে, আদর্শ মৌলগুলির বহিস্তরের মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা উহাদের পর্যায় নির্দেশ করে এবং বহিস্তরে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা উহাদের শ্রেণী নির্দেশ করে। তবে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ক্ষেত্রে He ছাড়া সকল

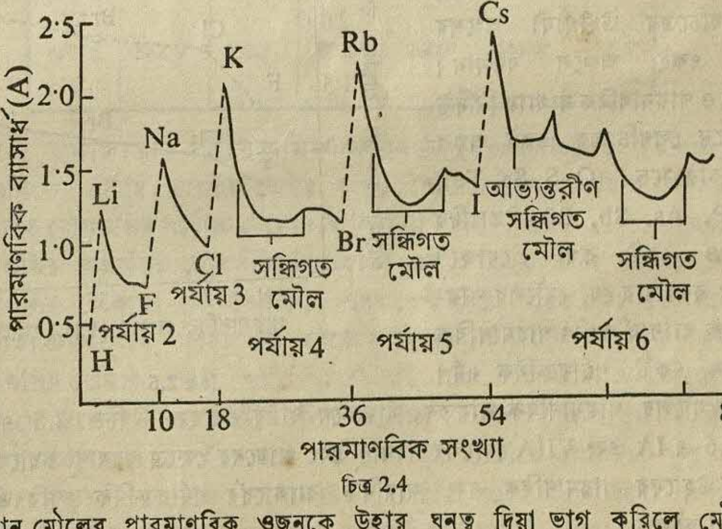
গ্যাসের বহিস্তরে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 8 এবং ইহাদের '0' শ্রেণীতে রাখা হইয়াছে। নিম্নে কতকগুলি আদর্শ মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস ও পর্যায় সারণীতে উহাদের অবস্থান দেখান হইল :

বিভিন্ন গোষ্ঠীভুক্ত বা শ্রেণীভুক্ত মৌল	পর্যায় সারণীর শ্রেণী	বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন সংখ্যা	ইলেকট্রন বিন্যাস
1. ক্ষারীয় ধাতু	IA	1	ns^1
2. ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু	IIA	2	ns^2
3. বোরন গোষ্ঠী	IIIB	3	ns^2p^1
4. কার্বন গোষ্ঠী	IVB	4	ns^2np^2
5. নাইট্রোজেন গোষ্ঠী	VB	5	ns^2np^3
6. অক্সিজেন গোষ্ঠী	VIB	6	ns^2np^4
7. হ্যালোজেন গোষ্ঠী	VIIB	7	ns^2np^5
8. নিষ্ক্রিয় গ্যাস গোষ্ঠী	0	8	ns^2nP^6

2.10 মৌলের ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পুনরাবৃত্তি (Periodicity of properties of elements)

মৌলগুলিকে উহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক সংখ্যা অনুসারে সাজাইলে উহাদের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম পরিবর্তিত হইতে থাকে এবং একটি নির্দিষ্ট ব্যবধানে উহাদের ধর্মের পুনরাবৃত্তি ঘটে। নিম্নে কয়েকটি ক্ষেত্রে মৌলগুলির ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পুনরাবৃত্তি দেখান হইল।

(a) **পারমাণবিক আয়তন (Atomic Volume) :** গলনাঙ্কের উষ্ণতায়

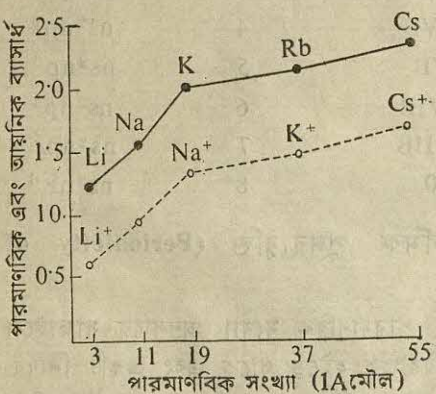


চিত্র 2.4

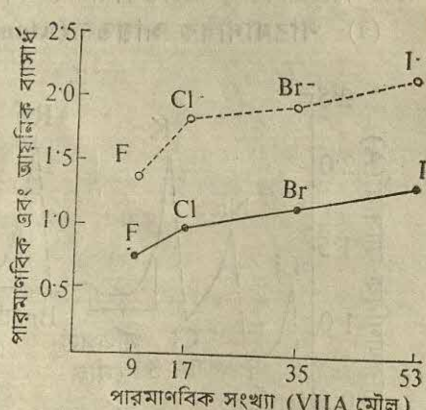
কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনকে উহার ঘনত্ব দিয়া ভাগ করিলে মৌলটির

পারমাণবিক আয়তন পাওয়া যায়। সুতরাং, গলনাঙ্কের উষ্ণতায় এক-গ্রাম পরমাণু পরিমাণ কোন মৌলের আয়তনকে উহার পারমাণবিক আয়তন বলা হয়। এখন পারমাণবিক সংখ্যাকে x-অক্ষ এবং পারমাণবিক ব্যাসার্ধকে অ্যাঙ্গস্ট্রম এককে (10^{-8} cm=1Å) y-অক্ষ ধরিয়া বিভিন্ন পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ লেখচিত্রে সংস্থাপন করিলে আমরা যে-লেখচিত্র পাই তাহা উপরে দেখান হইল (চিত্র 2.4)।

লেখচিত্র হইতে ইহা স্পষ্ট যে, মৌলের পারমাণবিক আয়তন পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। লেখচিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, ইহা তরঙ্গের ন্যায় এবং ইহার সাতটি শীর্ষদেশ (crest) এবং সাতটি পাদ-দেশ (trough) বর্তমান। শীর্ষদেশে IA উপশ্রেণীর মৌলগুলি (Li-Cs) বর্তমান। অর্থাৎ পারমাণবিক সংখ্যার নির্দিষ্ট ব্যবধানে মৌল-গুলি শীর্ষদেশ দখল করিয়াছে। অনুরূপভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, প্রত্যেকটি উপশ্রেণীর মৌলগুলির অবস্থান লেখচিত্রের বিভিন্ন অংশের (মোট সাতটি) প্রায় একই অঞ্চলে। F, Cl, Br, I লেখচিত্রের ঊর্ধ্বগামী অংশের প্রায় একই অঞ্চলে বর্তমান। ইহারাও পারমাণবিক সংখ্যার নির্দিষ্ট ব্যবধানে লেখচিত্রের একই অঞ্চল দখল করিয়াছে। (O, S, Se, Te), (N, P, As, Sb, Bi) ইত্যাদির ক্ষেত্রেও একই কথা প্রযোজ্য। সুতরাং বলা যায় যে, মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ অর্থাৎ পারমাণবিক আয়তন একটি পর্যায়ক্রমিক ধর্ম।



চিত্র 2.5



চিত্র 2.6

অর্থাৎ মৌলের পারমাণবিক আয়তন পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। চিত্র 2.5 এবং চিত্র 2.6-এ IA এবং VIIA মৌলের পরমাণু এবং আয়নের ক্ষেত্রে পরমাণু ক্রমাঙ্কের সহিত উহাদের পারমাণবিক এবং আয়নিক ব্যাসার্ধের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন দেখানো হইল।

এই প্রসঙ্গে উল্লেখযোগ্য যে, লোথার মেয়ার ও (Lother Meyer) মেণ্ডেলিফের সমসাময়িককালে দেখান যে, পারমাণবিক আয়তন একটি পর্যায়ক্রমিক ধর্ম। তবে তিনি যে-লেখ দেন তাহাতে তিনি পারমাণবিক সংখ্যার পরিবর্তে পারমাণবিক ওজনকে x-অক্ষ ধরিয়াছিলেন। উভয়ক্ষেত্রেই লেখচিত্রের প্রকৃতি একই হইয়াছিল, কারণ তাঁহার সময়ে যে-সকল মৌল জানা ছিল তাহাদের পারমাণবিক ওজন এবং পারমাণবিক সংখ্যা মোটামুটি সমানুপাতিক ছিল। ভালভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, এই লেখচিত্রের এক একটি অংশ এক একটি পর্যায় নির্দেশ করিতেছে। হালকা মৌলগুলি তরঙ্গ শীর্ষে, ভারি মৌলগুলি পাদদেশে, অধাতু মৌলগুলি ঊর্ধ্বগামী রেখায়, ধাতব মৌলগুলি নিম্নগামী রেখায় অবস্থান করে। অন্য কথায় সমধর্মী মৌলগুলি লেখচিত্রে সদৃশস্থান দখল করিয়া আছে (চিত্র 2.4)।

(b) ভৌতধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন: গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, তাপ-পরিবাহিতা, আপেক্ষিক গুরুত্ব, প্রসার্যতা ইত্যাদি ভৌতধর্মগুলি পারমাণবিক সংখ্যার সহিত পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ বিভিন্ন মৌলের এই সকল ধর্মাবলী পৃথকভাবে পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সাপেক্ষে ছক কাগজে বসাইলে উপরে উল্লিখিত লেখের ন্যায় লেখ পাওয়া যাইবে (পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক x-অক্ষে এবং ভৌতধর্ম y-অক্ষে সংস্থাপন করিয়া)। নিম্নের সারণী হইতে ইহা আরো স্পষ্ট হইবে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, গলাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক ক্রমশ বর্ধিত হইয়া আবার কমিতে শুরু করিয়াছে :

	Na	Mg	Al	Si	S	Cl
গলনাঙ্ক °C	979°	651°	658·7°	1420°	118·9°	−109°
স্ফুটাঙ্ক °C	882·9°	1380°	1800°	2600°	440·4°	−34·5°

(c) যোজ্যতার পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন (Periodiciy of Valency): মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর শ্রেণীর সংখ্যা সেই শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলির অক্সাইডে মৌলগুলির সর্বোচ্চ যোজ্যতার সমান। অর্থাৎ প্রথম শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলির অক্সাইডে মৌলগুলির যোজ্যতা এক। অনুরূপভাবে দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌলগুলির যোজ্যতা দুই ইত্যাদি। প্রথম শ্রেণী হইতে অষ্টম শ্রেণী পর্যন্ত সর্বোচ্চ যোজ্যতা ক্রমশ বৃদ্ধি পাইয়া এক হইতে আট হয়। তাহার পর শূন্য শ্রেণীতে মৌলগুলির যোজ্যতা শূন্য। অর্থাৎ আমরা যদি লক্ষ্য করি তাহা হইলে দেখিতে পাইব যে, প্রত্যেকটি পর্যায়ে মৌলগুলির সর্বোচ্চ যোজ্যতা (অক্সিজেন ভিত্তিতে) এক হইতে ক্রমশ বৃদ্ধি পাইয়া আট হয় এবং শূন্য শ্রেণীতে যোজ্যতা শূন্য হয়। অর্থাৎ প্রত্যেকটি শ্রেণীতে যোজ্যতার পুনরাবৃত্তি ঘটে। ক্লোরিনের ভিত্তিতে প্রথম শ্রেণী হইতে অষ্টম শ্রেণী পর্যন্ত মৌলগুলির যোজ্যতা লক্ষ্য করিলে দেখা

যাইবে যে, একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ে যোজ্যতা ক্রমশ এক হইতে বৃদ্ধি পাইয়া আট হয় এবং শূন্য শ্রেণীতে যোজ্যতা শূন্য হয়। আবার পরবর্তী পর্যায়ের প্রথম শ্রেণী হইতে যোজ্যতা অনুরূপভাবে, পর্যায় ক্রমিকভাবে পুনরাবৃত্ত হয়। হাইড্রোজেনের ভিত্তিতে যোজ্যতা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, মৌলগুলির যোজ্যতা প্রথম শ্রেণী হইতে চতুর্থ শ্রেণী পর্যন্ত এক হইতে ক্রমশ বৃদ্ধি পাইয়া চার হয়। আবার পরে ক্রমশ কমিয়া সপ্তম শ্রেণীতে এক হয়। হাইড্রোজেন ভিত্তিতে মৌলগুলির যোজ্যতা লক্ষ্য করিলেও দেখা যাইবে যে, মৌলগুলির যোজ্যতা পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হইতেছে। এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখিতে হইবে যে, যোজ্যতার পর্যায় ক্রমিকতা আদর্শ মৌলগুলির (representative elements) ক্ষেত্রে বেশি পরিমাণে দেখা যায়। আদর্শ মৌলগুলির যোজ্যতা নিম্নলিখিত সঙ্কেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। যে-কোন মৌলের পরাযোজ্যতা এবং অপরাযোজ্যতার যোগফল সর্বদা আট। [যোজ্যতা $=G$ এবং $8-G$; অথবা $8-G$ এবং G যখন $G=$ শ্রেণী সংখ্যা] নিম্নের সারণী হইতে মৌলের যোজ্যতার পর্যায়ক্রমিকতা স্পষ্ট হইবে।

IA	IIA	IIIA	IVB	VB	VIB	VIIB
Li_2O	BeO	B_2O_3	CO_2	N_2O_5		
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_4O_{10}	SO_3	Cl_2O_7
K_2O	CaO	Ga_2O_3	GeO_2	As_2O_5	SeO_3	Br_2O_7
Rb_2O	SrO	In_2O_3	SnO_2	Sb_2O_5	TeO_3	I_2O_7
Cs_2O	BaO	Tl_2O_3	PbO_2	Bi_2O_5		

LiH	BeH_2	B_2H_6	CH_4	NH_3	H_2O	HF
NaH	MgH_2	AlH_3	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
KH	CaH_2	Ga_2H_6	GeH_4	AsH_3	H_2Se	HBr
RbH	SrH_2	InH_3	SnH_4	SbH_3	H_2Te	HI
CsH	BaH_2	TlH_3	PbH_4	BiH_3		

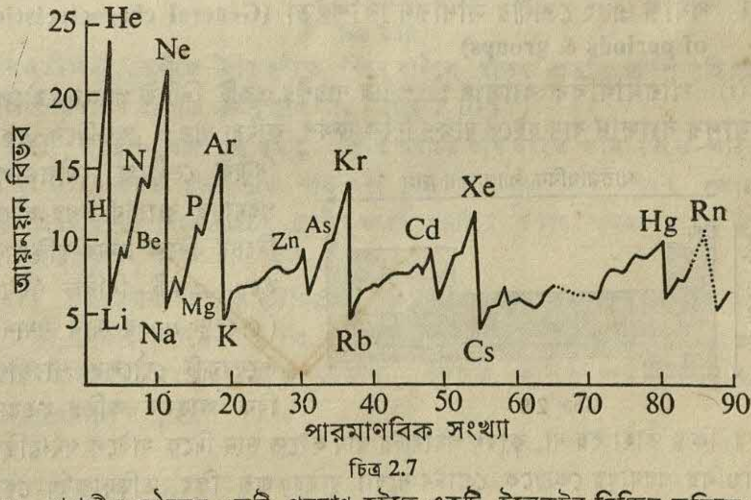
(d) তড়িৎ রাসায়নিক ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন (Periodicity in electro-chemical properties) : আমরা জানি ধাতুগুলি পরাতড়িৎধর্মী

এবং অধাতুগুলি অপরাতড়িৎধর্মী। মৌলগুলির পরাতড়িৎধর্মিতা অথবা অপরাতড়িৎধর্মিতা পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। পর্যায় সারণী লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, প্রত্যেকটি পর্যায়ের প্রথম শ্রেণীতে তীব্র পরাতড়িৎধর্মী ধাতু বর্তমান এবং সপ্তম শ্রেণীতে তীব্র অপরাতড়িৎধর্মী অধাতু (যেমন, হ্যালোজেন) বর্তমান। সুতরাং, প্রত্যেক শ্রেণীতে সদৃশ পরাতড়িৎধর্মী মৌলগুলি অবস্থান করে অর্থাৎ পরাতড়িৎধর্মিতা পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়। এইক্ষেত্রেও পর্যায়ক্রমিকতা আদর্শ মৌলগুলির ক্ষেত্রে বেশি পরিলক্ষিত হয়। যে-কোন পর্যায়ে প্রথম শ্রেণী হইতে সপ্তম শ্রেণী পর্যন্ত অগ্রসর হইলে দেখা যাইবে যে, মৌলের পরাতড়িৎ-ধর্মিতা ক্রমশ হ্রাস পাইয়া চতুর্থ শ্রেণীতে সবচেয়ে কম হয় এবং অপরাতড়িৎ-ধর্মিতা পঞ্চম শ্রেণী হইতে বৃদ্ধি পাইয়া সপ্তম শ্রেণীতে সবচেয়ে বেশি হয়। প্রতি পর্যায়েই এই আবর্তন পরিলক্ষিত হয়। বিভিন্ন মৌলের অক্সাইডগুলি বিশ্লেষণ করিলে ইহা আরও পরিষ্কার হইবে।

	I	II	III	IV	V	VI	VII
মৌল	Na	Ca	Al	C	P	S	Cl
অক্সাইড	Na_2O	CaO	Al_2O_3	CO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
প্রকৃতি	তীব্র ক্ষারধর্মী	ক্ষার-ধর্মী	উভধর্মী	মৃদু অম্লধর্মী	অম্ল-ধর্মী	তীব্র অম্লধর্মী	অতিতীব্র অম্লধর্মী

(e) আয়নয়ন শক্তির পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন (Periodicity of ionisation energy) : মৌলের একটি পরমাণু হইতে একটি ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন হইলে মৌলটির আয়ন সৃষ্টি হয়। ইহাকে আয়নয়ন (ionisation) বলা হয়। যেমন, $Na + \text{শক্তি} \rightarrow Na^+ + e^-$

সুতরাং আয়ন সৃষ্টি করিতে হইলে মৌলের পরমাণুতে শক্তি প্রয়োগ করিতে



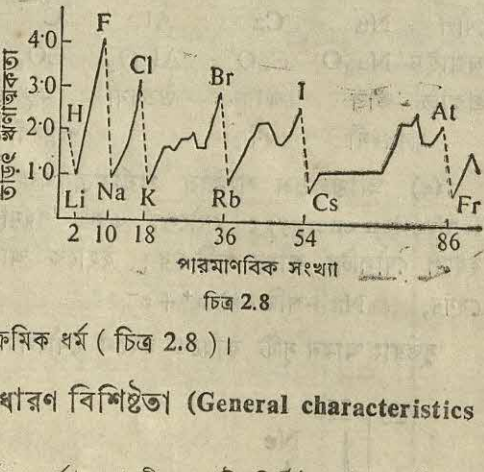
চিত্র 2.7

হয়। গ্যাসীয় মৌলের একটি পরমাণু হইতে একটি ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন করিতে যে-

পরিমাণ শক্তি দরকার তাহাকে **আয়নয়ন শক্তি** (ionisation emergy) বা **আয়নয়ন বিভব** বলা হয়। ইহার একক **ইলেকট্রন ভোল্ট**। বিভিন্ন মৌলের আয়নয়ন শক্তির মান লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, ইহার মান মৌলগুলির পারমাণবিক সংখ্যার সহিত পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। কয়েকটি ক্ষেত্রে ইহার ব্যতিক্রম থাকিলেও আদর্শ মৌলগুলির ক্ষেত্রে ইহার পর্যায়ক্রমিক আবর্তন লক্ষণীয় (চিত্র 2.7)।

(f) মৌলের ইলেকট্রন-আসক্তি বা তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন (Periodicity of Electron affinity) : আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি যে, মৌলের একটি পরমাণু হইতে ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন করিতে শক্তি প্রয়োগ করিতে হয়। সুতরাং কোন মৌলের একটি পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংযোগ সাধন করিলে শক্তি উৎপন্ন হইবে, $Cl + e^- \rightarrow Cl^- +$ শক্তি।

লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি পারমাণবিক সংখ্যার বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ের সপ্তম শ্রেণীতে মৌলের ইলেকট্রন-আসক্তি সব চেয়ে বেশি। প্রতি পর্যায়েই এই আবর্তন পরিলক্ষিত হয়।

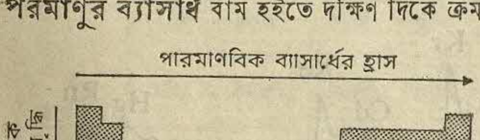


চিত্র 2.8

সুতরাং ইহা মৌলের একটি পর্যায়ক্রমিক ধর্ম (চিত্র 2.8)।

2.11 পর্যায় এবং শ্রেণীর সাধারণ বিশিষ্টতা (General characteristics of periods & groups)

(i) **পারমাণবিক ব্যাসার্ধ :** পর্যায় সারণীর একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ে মৌলের পরমাণুর ব্যাসার্ধ বাম হইতে দক্ষিণ দিকে ক্রমশ কমিয়া যায়। অন্যদিকে একটি নির্দিষ্ট শ্রেণীতে মৌলগুলির পরমাণুর ব্যাসার্ধ উপর হইতে নিচের দিকে ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ে (যেহেতু n-এর মান সমান) প্রত্যেকটি মৌলের পারমাণবিক আয়তন অভিন্ন হওয়ার



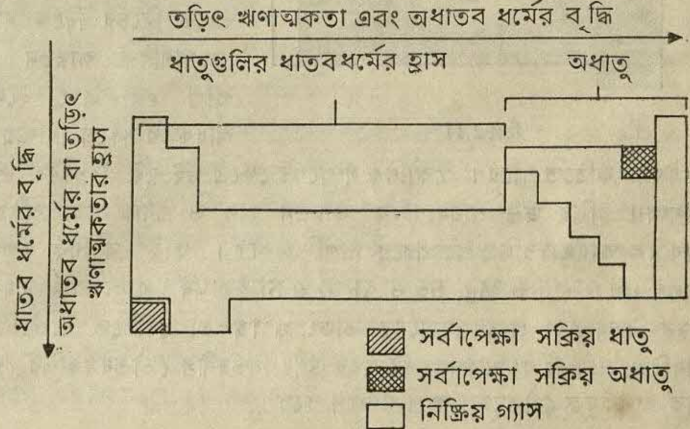
চিত্র 2.9

কথা। কিন্তু তাহা হয় না, কারণ পর্যায়টির বাম হইতে ডান দিকে যাইলে পর্যায়স্থিত মৌলগুলির পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রোটন সংখ্যা বৃদ্ধির জন্য স্থির তড়িদাকর্ষণ হেতু ইলেকট্রন বেষ্টনীর ব্যাসার্ধের সঙ্কোচন হয় অর্থাৎ পারমাণবিক আয়তন হ্রাস পায়।

অপরদিকে একটি নির্দিষ্ট শ্রেণীর উপর হইতে নিচের দিকে যাইলে পারমাণবিক আয়তন বৃদ্ধি হয়, কারণ প্রত্যেকটি পর্যায় শুরু হওয়ার সঙ্গে একটি করিয়া নূতন মুখ্য শক্তিস্তরের আবির্ভাব ঘটে (চিত্র 2.9) ।

(ii) **যোজ্যতা :** কোনও নির্দিষ্ট পর্যায়ে মৌলের অক্সিজেনভিত্তিক যোজ্যতা বাম হইতে ডানদিকে বর্ধিত হয়। আবার হাইড্রোজেনভিত্তিক যোজ্যতা প্রথম শ্রেণী হইতে চতুর্থ শ্রেণী পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইয়া আবার পঞ্চম শ্রেণী হইতে কমিতে আরম্ভ করিয়া সপ্তম শ্রেণীতে যোজ্যতা এক হয়। শূন্য শ্রেণীতে মৌলগুলির যোজ্যতা শূন্য।

(iii) **ধাতব প্রকৃতি :** কোন পর্যায়ের বাম হইতে ডানদিকে যাইলে ধাতব প্রকৃতি ক্রমশ কমিতে থাকে এবং অধাতব প্রকৃতি ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।



চিত্র 2.10

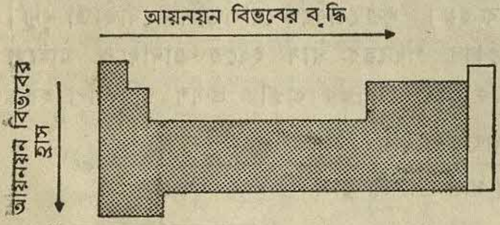
কোনও নির্দিষ্ট শ্রেণীতে উপর হইতে নিচে যাইলে ধাতব প্রকৃতি ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং অধাতব প্রকৃতি ক্রমশ হ্রাস পায় (চিত্র 2.10) ।

(iv) **জারণ-বিজারণ ধর্ম :** কোন পর্যায়ে বাম হইতে ডান দিকে যাইলে মৌলের জারণ ক্ষমতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায় এবং বিজারণ ক্ষমতা হ্রাস পায়। কোনও শ্রেণীর উপর হইতে নিচে যাইলে শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির জারণ ক্ষমতা ক্রমশ হ্রাস পায় এবং বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

(v) **কৌণিক সম্পর্ক (Diagonal relationship) :** লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, দ্বিতীয় পর্যায়ের Li, Be, B-এর সহিত তৃতীয় পর্যায়ের Mg, Al এবং Si-এর রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য বর্তমান। ইহাকে কৌণিক সম্পর্ক (diagonal relationship) বলা হয়।

	I		II		III		IV
দ্বিতীয় পর্যায়	Li		Be		B		C
		↘		↘		↘	
তৃতীয় পর্যায়	Na		Mg		Al		Si

(vi) **আয়নয়ন বিভবের পরিবর্তন :** পর্যায় সারণী পর্যালোচনা করিলে ইহাও প্রতীয়মান হয় যে, কোন পর্যায়ের বাম হইতে ডান দিকে যাইলে আয়নয়ন বিভবের বৃদ্ধি হইতেছে এবং কোন শ্রেণীর উপর হইতে নিচে যাইলে আয়নয়ন বিভবের মান ক্রমশ হ্রাসপ্রাপ্ত হইতেছে (চিত্র 2.11)। ইহার কারণ এই যে, কোন নির্দিষ্ট পর্যায়ে বাম হইতে ডান দিকে যাইলে পারমাণবিক আয়তন কমিয়া যায়। সুতরাং পরমাণু হইতে ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন করা কঠিনতর হইয়া উঠে। অনুরূপভাবে কোন নির্দিষ্ট শ্রেণীর উপর হইতে নিচের দিকে নামিলে পারমাণবিক আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং ইলেকট্রন অধিকতর সহজে বিচ্ছিন্ন হইয়া আয়ন উৎপন্ন করিতে পারে। কৌণিক সম্পর্কের ক্ষেত্রে এই দুই বিপরীত প্রক্রিয়া (শ্রেণীসংখ্যা বৃদ্ধির জন্য পারমাণবিক আয়তন হ্রাস ও পর্যায় সংখ্যা বৃদ্ধির জন্য পারমাণবিক আয়তন বৃদ্ধি) পরস্পরকে প্রশমিত করে। তাই কৌণিক সম্পর্কযুক্ত মৌলযুগলগুলির (Li ও Mg, Be ও Al, B ও Si ইত্যাদি) মধ্যে প্রায় সমমানের আয়নয়ন বিভব এবং প্রায় সমমানের তড়িৎ ঋণাত্মকতা দেখিতে পাওয়া যায়। পারমাণবিক আয়তন বা আয়নয়ন বিভবের উপর নির্ভরশীল ভৌতধর্মগুলির ক্ষেত্রেও কৌণিক সম্পর্কযুক্ত মৌলযুগল সদৃশ আচরণ করে।



চিত্র 2.11

2.12 পর্যায় সারণীর উপযোগিতা (Usefulness of Periodic Table)

(a) মৌলের সুবিন্যস্ত শ্রেণীবিভাগ (Systematic classification of elements) : আমরা দেখিয়াছি যে, আধুনিক পর্যায় সারণীতে মৌলগুলিকে নয়টি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। প্রত্যেকটি শ্রেণী আবার দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত। একটি নির্দিষ্ট শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মে সাধারণ মিল বর্তমান। আবার একটি নির্দিষ্ট উপশ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির মধ্যে উহাদের ধর্মের অধিকতর মিল খুঁজিয়া পাওয়া যায়। সুতরাং একটি শ্রেণীর একটি মৌলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম জানা থাকিলে ঐ শ্রেণীভুক্ত অপর মৌলগুলির ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে একটি সাধারণ ধারণা করা যায়। অনুরূপভাবে, একটি উপশ্রেণীভুক্ত কোন একটি মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম জানা থাকিলে ঐ উপশ্রেণীভুক্ত অন্যান্য মৌলের ধর্ম সম্বন্ধে আরো বেশি ধারণা করা যায়, কারণ একই শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির ধর্মের সাধারণ সাদৃশ্য থাকিলেও একই উপশ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির ধর্মের সাদৃশ্য অধিক। সোডিয়াম ধাতুর ধর্ম জানা থাকিলে প্রথম শ্রেণীভুক্ত সকল মৌলের ধর্ম সম্বন্ধে একটা সাধারণ ধারণা জন্মিবে। আবার যেহেতু সোডিয়াম IA উপশ্রেণীভুক্ত, সেইজন্য এই উপশ্রেণীভুক্ত অন্যান্য মৌলের (Li, K,

ম্যাঙ্গানিজ ধাতু এবং হ্যালোজেন অধাতু। আবার, বেরিয়াম (Ba) দ্বিতীয় শ্রেণীতে এবং লেড (Pb) চতুর্থ শ্রেণীতে অবস্থান করিলেও ইহাদের ধর্মের প্রচুর মিল দেখা যায়। কপার (Cu) এবং মারকারি (Hg)-এর ধর্মের সাদৃশ্য থাকা সত্ত্বেও উহারা ভিন্ন শ্রেণীতে অবস্থান করে। লিথিয়ামের (Li) সহিত ম্যাগনেসিয়ামের (Mg) মিল, বেরিলিয়ামের (Be) সহিত অ্যালুমিনিয়ামের (Al) মিল, বোরনের (B) সহিত সিলিকনের (Si) মিল ও পর্যায় সারণীর এই ত্রুটি নির্দেশ করিতেছে। এই ক্ষেত্রেও সমধর্মী মৌল বিভিন্ন শ্রেণীতে অবস্থান করিতেছে।

(e) অষ্টম শ্রেণীতে তিনটি মৌলের একত্রে অবস্থান: ভিন্ন পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট তিনটি মৌল একই ঘরে অবস্থান করে। ইহা পর্যায় সূত্রের পরিপন্থী। আয়রন, কোবাল্ট এবং নিকেল (Fe Co Ni), রুথেনিয়াম, রোডিয়াম, প্যালাডিয়াম (Ru, Rh, Pd), অসমিয়াম, ইরিডিয়াম, প্লাটিনাম (Os, Ir, Pt)—মৌলগুলি একত্রে তিনটি করিয়া অষ্টম শ্রেণীতে এবং যথাক্রমে চতুর্থ, পঞ্চম এবং ষষ্ঠ পর্যায়ে অবস্থান করে।

(f) সমস্থানিকের অবস্থান নির্ণয়ে অনিশ্চয়তা: মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে সমস্থানিকের (isotope) কোনও স্থান নাই। তবে পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের ভিত্তিতে রচিত পর্যায় সারণীতে সমস্থানিকের স্থান করে দেওয়া মোটেই অসম্ভব নয়।

(g) মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস সম্বন্ধে কোনও ধারণা দেয় না: আধুনিক পর্যায় সারণীতে মৌলগুলির অবস্থান বিশ্লেষণ করিয়া কোন নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস জানা যায়। কিন্তু মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী হইতে কোন নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস সম্বন্ধে কোনও ধারণা করা যায় না।

2.14 তড়িৎ ঋণাত্মকতা (Electronegativity)

আমরা পরবর্তী অধ্যায়ে জানিতে পারিব যে, যখন দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে তখন মৌলগুলির পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রনের আদান-প্রদান হয়। যদি একটি পরমাণু হইতে ইলেকট্রন অন্য পরমাণুতে যায় তখন প্রথমটি ধনাত্মক তড়িদাধানে আহিত হয় এবং দ্বিতীয়টি ঋণাত্মক তড়িদাধানে আহিত হয়। অতঃপর স্থির তড়িদাকর্ষণের দ্বারা যৌগ গঠিত হয়। এইভাবে যে-যোজ্যতার সৃষ্টি হয় তাহাকে বলা হয় তড়িৎ-যোজ্যতা (Electrovalency)।

উদাহরণ:

$$A^{\bullet} + B \longrightarrow A^{+} + B^{-} \longrightarrow AB$$

• = ইলেক্ট্রন

A ও B = দুইটি ভিন্ন মৌলের পরমাণু

AB = উৎপন্ন যৌগের অণু

আবার, একধরনের যোজ্যতা দেখা যায়, যে-ক্ষেত্রে পরমাণুগুলি নিজেদের বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহার করিয়া যৌগ গঠন করে। এই যোজ্যতাকে বলা হয় সমযোজ্যতা (Co-valency)।

উদাহরণ :
$$A^{\cdot} + {}^{x}B \longrightarrow A \overset{\cdot}{x} B \longrightarrow AB$$
• = A-এর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন
x = B-এর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন
$$H^{\cdot} + {}^{x}Cl \longrightarrow H \overset{\cdot}{x} Cl \longrightarrow HCl$$

সুতরাং, আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, তড়িৎ-যোজ্যতার ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর মধ্যে একটি পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং অপরটি ইলেকট্রন বর্জন করে। **কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন আকর্ষণ করিবার ক্ষমতাকে ঐ মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলা হয়। যে-সকল মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার ঝোঁক বেশি তাহাদিগকে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল (Electronegative elements) বলা হয়। আবার যে-সকল মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ করিবার ঝোঁক বেশি সেই সকল মৌলকে তড়িৎ ধনাত্মক মৌল (Electropositive elements) বলা হয়।** সাধারণত ধাতুগুলির তড়িৎ ধনাত্মক ধর্ম এবং অধাতুগুলির তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্ম বর্তমান।

সমযোজ্যতার ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর মধ্যে একটির তড়িৎ ঋণাত্মকতা যদি তুলনামূলকভাবে বেশি হয় তবে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলটির পরমাণু যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলিকে নিজের দিকে টানিয়া লয় এবং যৌগটিতে আয়নীয় ধর্ম সৃষ্টি হয়।

$$A-B \rightarrow \overset{+\delta}{A}-\overset{-\delta}{B}$$

যাহা হউক ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, যে-সকল মৌল খুব বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক তাহারা খুব কম তড়িৎ ধনাত্মক। আবার যে-সকল মৌল খুব বেশি তড়িৎ ধনাত্মক তাহারা খুব কম তড়িৎ ঋণাত্মক। মৌলগুলির মধ্যে ফ্লোরিন (F) সর্বাপেক্ষা বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক এবং সিজিয়াম (Cs) সর্বাপেক্ষা কম তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। লিনাস পাউলিং (Linus Pauling) মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা মাপিবার একটি পদ্ধতি (scale) প্রচলন করেন। তাঁহার পদ্ধতি অনুসারে ফ্লোরিনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা সর্বাপেক্ষা বেশি এবং ইহার মান 4 এবং Cs-এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সর্বাপেক্ষা কম এবং ইহার মান 0·7।

2.15 বিভিন্ন পর্যায়ে এবং শ্রেণীতে মৌলগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা পরিবর্তনের হার (Variations of electronegativity in Periods and Groups)

ইহা স্পষ্ট যে, যে-সকল পরমাণুর আয়তন তুলনামূলকভাবে কম সেই সকল পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি হইবে। ইহার কারণ হইল পরমাণুর কেন্দ্রক তুলনামূলকভাবে নিকটে হওয়ায় উহার ইলেকট্রন আকর্ষণের ক্ষমতা তুলনামূলকভাবে বেশি হইবে। আমরা জানি, পর্যায় সারণীর যে-কোন পর্যায়ের বাম হইতে ডানদিকে যাইলে মৌলগুলির পরমাণুর ব্যাসার্ধ কমিয়া যায়। সুতরাং, যে-কোন পর্যায়ে বাম হইতে ডানদিকে মৌলগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা বাড়িয়া যাইবে। আবার আমরা জানি কোন নির্দিষ্ট শ্রেণীর উপর হইতে নিচে যাইলে মৌলগুলির পরমাণুর ব্যাসার্ধ বাড়িয়া যায়। সুতরাং যে-কোন শ্রেণীর উপর হইতে নিচে যাইলে মৌলগুলির তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কমিয়া যাইবে (চিত্র 2.10)। নিম্নে প্রদত্ত সারণী হইতে ইহা স্পষ্ট বুঝা যাইবে।

s-ব্লক		p-ব্লক				
IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
H 2·1						
Li 1·0	Be 1·5	B 2·0	C 2·5	N 3·0	O 3·5	F 4·0
Na 0·9	Mg 1·2	Al 1·5	Si 1·8	P 2·1	S 2·5	Cl 3·0
K 0·8	Ca 1·0	Ga 1·6	Ge 1·8	As 2·0	Se 2·4	Br 2·8
Rb 0·8	Sr 1·0	In 1·7	Sn 1 8	Sb 1·9	Te 2·1	I 2·5
Cs 0·7	Ba 0·9	Tl 1·8	Pb 1·8	Bi 1·9	Po 2·0	At 2·2
Fr 0·7	Ra 0·9					

সার-সংক্ষেপ

ইতিহাস : (i) ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ভিত্তিতে মৌলগুলিকে ধাতু এবং অধাতু দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছিল। (ii) মৌলের যোজ্যতা অনুসারে শ্রেণীবিভাগ। (iii) ডোবারনিয়ারের শ্রেণীবিভাগ অর্থাৎ ত্রয়ীসূত্র (1817)—সমধর্ম-

সম্পন্ন তিনটি মৌল পর পর সাজাইলে মধ্যম মৌলটির পারমাণবিক ওজন প্রথম ও তৃতীয়টির পারমাণবিক ওজনের গড় মানের সমান। তাহা ছাড়া মধ্য মৌলটির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে প্রথম ও তৃতীয়টির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সহিত সাদৃশ্য থাকিবে। (iv) নিউল্যাণ্ড (1864) দেখান যে, মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজাইলে অষ্টম মৌলের ধর্মের সহিত প্রথম মৌলের ধর্মের সাদৃশ্য থাকে। (v) মেণ্ডেলিফ (1869) এবং লোথার মেয়ার (1870) পরস্পর নিরপেক্ষভাবে বলেন যে, বিভিন্ন মৌলের এবং উহাদের যৌগের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্বের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়।

মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী (1871) : মেণ্ডেলিফের প্রদত্ত পর্যায় সারণীতে মৌলগুলি সজ্জিত ছিল উহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে এবং উহাদের যোজ্যতার পর্যায়ক্রমিক পুনরাবৃত্তির ভিত্তিতে। এই সারণীতে 8টি উল্লম্ব শ্রেণী এবং 12টি অনুভূমিক সিরিজ বর্তমান। প্রত্যেক শ্রেণী দুইটি করিয়া উপশ্রেণীতে বিভক্ত।

উন্নততর পর্যায় সারণী : মোসলে (1913) পরীক্ষার ভিত্তিতে প্রমাণ করেন যে, প্রত্যেকটি মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রিত হয় মৌলের পারমাণবিক সংখ্যার দ্বারা, উহার পারমাণবিক ওজন দ্বারা নহে। সুতরাং, মেণ্ডেলিফের পর্যায় সূত্র পরিবর্তিত হইয়া দাঁড়ায়—মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উহাদের পারমাণবিক সংখ্যার সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়।

পরিবর্তিত পর্যায় সারণী ও উহার বিবরণ : (i) এই সারণীর অনুভূমিক সারিকে বলা হয় পর্যায়। ইহাতে মোট 7টি পর্যায় আছে। প্রথম পর্যায় খুব ছোট। ইহার পর দুইটি ছোট পর্যায় বর্তমান। চতুর্থ এবং পঞ্চম পর্যায় দীর্ঘ। ষষ্ঠ এবং সপ্তম পর্যায় খুব দীর্ঘ। (ii) ইহার উল্লম্ব সারিকে বলা হয় শ্রেণী। **VIII** এবং 'O' শ্রেণী বাদে প্রত্যেকটি শ্রেণী দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত। ইহাতে মোট 9টি শ্রেণী বর্তমান।

মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো এবং পর্যায় সারণী : পর্যায় সারণীর প্রত্যেকটি পর্যায় পর্যায়স্থিত মৌলগুলির মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যার সমান। একই শ্রেণীতে অবস্থিত প্রত্যেকটি মৌলের বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস একরকম। তাই মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস হইতে পর্যায় সারণীতে উহার অবস্থান নির্ণয় করা সম্ভব।

দীর্ঘ পর্যায় সারণী : মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে বোর এবং বারি 1921 খ্রীস্টাব্দে আধুনিক পর্যায় সারণীকে বিস্তৃত করিয়া একটি নূতন পর্যায় সারণী প্রকাশ করেন। ইহাতে 7টি পর্যায় ও 18টি শ্রেণী বর্তমান। উপশ্রেণীগুলিকে এক একটি শ্রেণী হিসাবে গণ্য করা হইয়াছে। চতুর্থ, পঞ্চম, ষষ্ঠ ও সপ্তম পর্যায়ের মধ্যস্থলে সন্ধিগত এবং আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌলকে স্থান দেওয়া হইয়াছে।

ইলেকট্রন বিন্যাস এবং মৌলগুলিকে বিভিন্ন সমাবেশে বিভাগঃ বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলগুলিকে s, p, d এবং f সমাবেশে বা ব্লকে ভাগ করা হইয়াছে। (i) বহিঃকক্ষে ns^1 এবং ns^2 ইলেকট্রন বিন্যাস বিশিষ্ট মৌলগুলিকে বলা হয় **s-সমাবেশের** মৌল। (ii) $ns^2\ np^{1-6}$ বিন্যাস বিশিষ্ট মৌলগুলি **p-সমাবেশের** মৌল। s এবং p-সমাবেশের মৌলগুলিকে যৌথ-ভাবে আদর্শ মৌল বা স্বাভাবিক মৌল বলা হয়। (iii) $(n-1)\ d^{1-10}ns^{\ 1-2}$ বিন্যাস বিশিষ্ট মৌলগুলিকে বলা হয় d-সমাবেশের মৌল। ইহারা সন্ধিগত মৌলশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। (iv) $(n-2)f^{0-14}(n-1)d^{0-1}ns^2$ বিন্যাস বিশিষ্ট মৌলগুলিকে f-সমাবেশের মৌল বলা হয়। ইহারা আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌলগুলির অন্তর্ভুক্ত। সুতরাং কোন মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা জানা থাকিলে উহার ইলেকট্রন বিন্যাস হইতে উহা কোন্ সমাবেশের মৌল তাহা জানা যায়। আবার মৌলটির সমাবেশ জানিতে পারিলে পর্যায় সারণীতে উহার অবস্থান নির্ণয় করা সম্ভব।

মৌলের ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পুনরাবৃত্তিঃ নিম্নলিখিত কয়েকটি ক্ষেত্রে মৌলগুলির ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পুনরাবৃত্তি লক্ষ্য করা যায়।

(a) পারমাণবিক আয়তন; (b) ভৌতধর্ম যথা গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, তাপ-পরিবাহিতা, আপেক্ষিক গুরুত্ব, প্রসার্যতা ইত্যাদি; (c) যোজ্যতার পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন; (d) তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন; (e) আয়নয়ন শক্তির পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন; (f) ইলেকট্রন আসক্তি ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন।

পর্যায় এবং শ্রেণীর সাধারণ বিশিষ্টতা: (a) **পারমাণবিক ব্যাসার্ধ**—একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ে পরমাণুর ব্যাসার্ধ বাম হইতে দক্ষিণ দিকে ক্রমশ কমিয়া যায়। নির্দিষ্ট শ্রেণীতে ইহার মান উপর হইতে নিচের দিকে ক্রমশ বাড়ে।

(b) **যোজ্যতা**—কোন নির্দিষ্ট পর্যায়ে মৌলের অক্সিজেনভিত্তিক যোজ্যতা বাম হইতে ডানদিকে বর্ধিত হয়, আবার হাইড্রোজেনভিত্তিক যোজ্যতা প্রথম শ্রেণী হইতে চতুর্থ শ্রেণী পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইয়া পঞ্চম শ্রেণী হইতে কমিতে আরম্ভ করিয়া সপ্তম শ্রেণীতে যোজ্যতা 1 হয়। শূন্য শ্রেণীতে মৌলগুলির যোজ্যতা শূন্য।

(c) **ধাতব প্রকৃতিঃ** নির্দিষ্ট পর্যায়ে বাম হইতে ডানদিকে যাইলে ধাতব প্রকৃতি ক্রমশ কমিতে থাকে, অধাতব প্রকৃতি ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। কোন নির্দিষ্ট শ্রেণীতে উপর হইতে নিচে যাইলে ধাতব প্রকৃতি ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, অধাতব প্রকৃতি ক্রমশ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

(d) **জারণ ও বিজারণ ধর্মঃ** কোন পর্যায়ের বাম হইতে ডানদিকে যাইলে মৌলের জারণ-ক্ষমতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায় এবং বিজারণ-ক্ষমতা হ্রাস পায়। কোনও শ্রেণীর উপর হইতে নিচে যাইলে জারণ-ক্ষমতা ক্রমশ হ্রাস পায় এবং বিজারণ-ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

(c) **কৌণিক সম্পর্কঃ** দ্বিতীয় এবং তৃতীয় পর্যায়ে কৌণিক অবস্থানে অবস্থিত মৌলগুলির ধর্মের সাদৃশ্য দেখা যায়। ইহাকে কৌণিক সম্পর্ক বলা হয়।

পর্যায় সারণীর উপযোগিতা : (a) মৌলের সুবিন্যস্ত শ্রেণীবিভাগ, (b) সন্দেহজনক পারমাণবিক ওজনের সংশোধন, (c) নূতন মৌলের আবিষ্কার এবং ইহাদের ধর্ম-সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী।

মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর ত্রুটি :

(a) পর্যায় সূত্রের ব্যতিক্রম, (b) পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থান নির্ণয়ে অসুবিধা, (c) বিরল মৃত্তিকা শ্রেণীর মৌলগুলির একই ঘরে অবস্থান, (d) সদৃশধর্মী মৌলের ভিন্ন শ্রেণীতে এবং ভিন্নধর্মী মৌলের সমশ্রেণীতে স্থাপন। (e) অষ্টম শ্রেণীতে তিনটি মৌলের একত্রে অবস্থান, (f) সমস্থানিকের অবস্থান নির্ণয়ে অনিশ্চয়তা (g) তাহা ছাড়াও মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস সম্বন্ধে কোনও ধারণা দেয় না।

তড়িৎ ঋণাত্মকতা : কোনও মৌলিক পরমাণুর ইলেকট্রন আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে উহার তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলা হয়।

বিভিন্ন পর্যায়ে এবং শ্রেণীতে মৌলগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা পরিবর্তনের হার—যে-কোন পর্যায়ে বাম হইতে ডানদিকে মৌলগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা বাড়িয়া যায়। যে-কোন শ্রেণীর উপর হইতে নিচে যাইলে মৌলগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা কমিয়া যায়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. ধর্মের সাদৃশ্য অনুসারে মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করার ঐতিহাসিক প্রচেষ্টা ধারাবাহিক ভাবে বিবৃত কর।

2. পর্যায় সূত্র কি? পর্যায় সারণী কি? [Tripura H. S. 1982] মেণ্ডেলিফের পর্যায় সূত্র বিবৃত কর। [Tripura, H. S. 1981, 1984] 1871 খ্রীস্টাব্দে মেণ্ডেলিফ-কর্তৃক প্রদত্ত পর্যায় সারণীর বিবরণ দাও।

3. আধুনিক পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর [H. S. 1982]। আধুনিক পর্যায় সূত্রের ভিত্তিতে রূপান্তরিত উন্নততর পর্যায় সারণীটির বিবরণ দাও [Tripura, H. S. 1984, 1981]। আধুনিক পর্যায় সূত্রের প্রস্তাবনায় কোন্ বৈজ্ঞানিকের অবদান বেশি? কোন্ ভিত্তিতে তিনি এই সূত্র দেন?

4. মৌলিক পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামোর ভিত্তিতে পর্যায় সারণীর বিভিন্ন পর্যায় ও শ্রেণী ব্যাখ্যা করা সম্ভব। অন্যভাবে বলিতে গেলে বলা যায় যে, পর্যায় সারণীতে অবস্থান হইতে কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো জানা যায়—ব্যাখ্যা কর।

5. পর্যায় সারণীতে মৌলিক পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্মের পর্যায়ক্রম আলোচনা কর। [Tripura H. S. 1986]

6. দীর্ঘ পর্যায় সারণী সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

7. ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে কিভাবে মৌলগুলিকে বিভিন্ন ব্লকে বা সমাবেশে ভাগ করা যায়। s–, p–, d– এবং f–সমাবেশের মৌল বলিতে কি বুঝ ?

8. আমরা জানি যে, ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক সংখ্যা অনুসারে মৌলগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়।— কোন্ কোন্ ধর্মের ক্ষেত্রে উহা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

9. পর্যায় সারণীতে অবস্থিত 'পর্যায়' এবং 'শ্রেণী' বলিতে কি বুঝ ? [Tripura 1982, H. S. 1978] উহাদের সাধারণ বৈশিষ্ট আলোচনা কর। [H. S. 1982] বিভিন্ন শ্রেণীর ও পর্যায়ে Na, Mg, Al ও Si-এর অক্সাইডের ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন সম্বন্ধে আলোচনা কর। [Tripura '82, H. S. '78]

10. পর্যায় সারণীর উপযোগিতার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। [Tripura, 1984, H. S. 1981]

11. মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর ত্রুটিগুলি লইয়া আলোচনা কর। [Tripura, 1982, 1986, H. S. 1983, 1986]

12. মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলিতে কি বুঝ ? বিভিন্ন পর্যায়ে এবং শ্রেণীতে মৌলগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা ও যোজ্যতা কিভাবে পরিবর্তিত হয় ? [H. S. '83]

13. টীকা লিখ ঃ

(a) ত্রয়ী সূত্র, (b) নিউল্যাণ্ডের অষ্টক সূত্র, (c) মেণ্ডেলিফের পর্যায় সূত্র। (d) আধুনিক পর্যায় সূত্র, (e) দীর্ঘ পর্যায় সারণী, (f) মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী, (g) d-ব্লক মৌল, (h) f-ব্লক মৌল, (i) পর্যায় ও শ্রেণী, (j) তড়িৎ ঋণাত্মকতা, (k) উপশ্রেণী, (l) আদর্শ মৌল, (m) নিষ্ক্রিয় মৌল, (n) সন্ধিগত মৌল, (o) আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল, (p) বিরল মৃত্তিকা মৌল, (q) দীর্ঘ পর্যায় ও হ্রস্ব পর্যায়।

14. একটি মৌলের অবস্থান পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় পর্যায়ে (প্রথম হ্রস্ব পর্যায়) মৌলটির একটি পরমাণুতে 8-টি প্রোটন এবং 8-টি নিউট্রন বর্তমান। বিভিন্ন কক্ষে এবং উপকক্ষে পরমাণুটির ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। মৌলটি পর্যায় সারণীর কোন্ শ্রেণীতে অবস্থান করে ? [J. E. 1979]

15. আধুনিক পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর। Na(11) এবং K (19)-এর মধ্যে রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায় কেন ? উহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। উহাদের দুইটি সমপ্রকৃতির রাসায়নিক ধর্মের উল্লেখ কর। [J. E. 1981]

16. মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর সহিত দীর্ঘ পর্যায় সারণীর একটি তুলনামূলক আলোচনা লিখ। পরস্পরের মিল এবং অমিলগুলি উল্লেখ করিতে হইবে।

17. দীর্ঘ পর্যায় সারণীতে মৌলগুলি তাহাদের যথাযথ ধর্ম অনুসারে সজ্জিত—আলোচনা কর।

18. বিভিন্ন শ্রেণী এবং পর্যায়ে আয়নয়ন শক্তি, পারমাণবিক আয়তন, অপরা-তড়িৎধর্মিতা, যোজ্যতা, অক্সাইডের প্রকৃতি, জারণ বিজারণ ধর্ম, হাইড্রাইডের প্রকৃতির পরিবর্তন কিভাবে হয় উল্লেখ কর। নিম্নলিখিত জোড়গুলির ক্ষেত্রে কাহার আয়নয়ন বিভব বেশি এবং কাহার ইলেকট্রন প্রীতি বেশি?

(a) I, I^- (b) Br, K (c) S, Te (d) Sr, Ra (e) Li, Li^+ এবং (f) Br, I

19. (a) মৌলগুলির পর্যায়ক্রমিক শ্রেণীবিভাগে পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের গুরুত্ব বেশি কেন? (b) পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনের সঠিক অবস্থান সম্বন্ধে বহু মতের কারণ ব্যাখ্যা কর। (c) মৌলের ধর্মাবলী উহাদের সর্ব বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল কেন? উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।

20. পর্যায় সারণীতে নিম্নলিখিত মৌলগুলির অবস্থান সম্বন্ধে আলোচনা কর: (i) হাইড্রোজেন, (ii) Fe, Co, Ni, (iii) বিরল মৃত্তিকা শ্রেণী, (iv) অ্যাক্টিনাইড শ্রেণী।

21. A, B, D তিনটি মৌল একই পর্যায়ের প্রথম, তৃতীয় এবং পঞ্চম শ্রেণীতে অবস্থান করে—(a) A-এর ক্ষারকীয় অক্সাইডের স্থূল সঙ্কেত কি হইবে? (b) উহার সালফেটের স্থূল সঙ্কেত কি হইবে? (c) D-এর অক্সাইডের প্রকৃতি কি হইবে?

(d) ইহাদের মধ্যে দুইটি আয়ন উৎপন্ন করে। আয়নগুলির প্রতীক কি হইবে?

(e) ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি উভধর্মী অক্সাইড গঠন করিবে? উভধর্মী অক্সাইড কাহাকে বলে?

(f) ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি (i) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে? (ii) কঠিন হাইড্রাইড যৌগ গঠন করিবে? (iii) গ্যাসীয় হাইড্রাইড যৌগ গঠন করিবে? (iv) প্রত্যেকটি হাইড্রাইডের সঙ্কেত কি হইবে?

22. (a) রাসায়নিক ধর্ম, (b) অক্সাইড যৌগের রাসায়নিক ধর্ম এবং (c) ক্লোরাইড যৌগের রাসায়নিক ধর্মের ভিত্তিতে পর্যায় সারণীতে (i) Na, K (ii) N, P-এর অবস্থান একই শ্রেণীতে কেন ব্যাখ্যা কর।

23. $^{16}_{8}X$, X-এর একটি প্রতীক। ইহার (a) পরমাণু ক্রমাঙ্ক, (b) পরমাণুর কেন্দ্রকে নিউট্রন সংখ্যা, (c) বহিঃকক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা, (d) ভরসংখ্যা কত? $^{18}_{8}X$ এবং $^{16}_{8}X$-এর সম্পর্ক কি? যদি X-এ 90% $^{16}_{8}X$ এবং 10% $^{18}_{8}X$ বর্তমান থাকে তাহা হইলে দেখাও যে, X-এর পারমাণবিক ওজন=16·2।

24. পর্যায় সারণীর IA শ্রেণীর মৌলগুলির ঘনত্ব (গ্রাম/সি. সি.) নিম্নরূপ: Li=0·534, Na=0·971, K=0·862, Rb=1·532, Cs=1·900।

ধাতুগুলির পারমাণবিক আয়তন নির্ণয় করিয়া দেখাও যে, পারমাণবিক আয়তন ও ঘনত্ব, ইহাদের কোন্‌টি পর্যায় সূত্রের সহিত অধিক সামঞ্জস্যপূর্ণ ? [H. S. 1983]

25. একটি মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন সজ্জা $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$। (i) পর্যায় সারণীতে ইহার স্থান কোথায় ? (ii) ইহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত ? (iii) ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 32 হইলে উহার কেন্দ্রকে নিউট্রন সংখ্যা কত ?

[Tripura, 1986]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী ৮

1. নিম্নলিখিতগুলির ক্ষেত্রে কোন্‌টি ভুল এবং কোন্‌টি নির্ভুল :

(a) একটি পর্যায়ে Na হইতে Ne-এর দিকে যাইলে পারমাণবিক আয়তন কমিয়া যায়।

(b) একটি শ্রেণীতে Li হইতে K-এর দিকে যাইলে পারমাণবিক আয়তন কমিয়া যায়।

(c) নিম্নলিখিত ইলেকট্রন বিন্যাসবিশিষ্ট মৌল দুইটি বিভিন্ন 'শ্রেণী'র অন্তর্ভুক্ত হইবে :

(i) $1s^2 2s^2 2p^1$; (ii) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

(d) একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 6টি প্রোটন 6টি নিউট্রন বর্তমান। অপর একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 6টি প্রোটন এবং 8টি নিউট্রন বর্তমান—ইহারা পর্যায় সারণীর পৃথক শ্রেণীতে অবস্থান করে। [H. S. 1979]

2. যথাক্রমে 9, 13 এবং 17 পরমাণু ক্রমাঙ্কবিশিষ্ট A, B ও C এই তিনটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা বেশি তড়িৎ-ধনাত্মক এবং কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক উল্লেখ কর। [H. S. 1984]

3. একটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ পর্যায় সারণীতে এই মৌলের স্থান কোন্ পর্যায়ে এবং কোন্ শ্রেণীতে ? এই মৌলটি কি ? এবং উহার যোজ্যতা কত ?

4. পর্যায় সারণীতে তাহাদের অবস্থান হইতে (1) হ্যালোজেন পরিবারের সর্বাপেক্ষা ইলেকট্রো নেগেটিভ এবং (2) $_{16}S$ ও $_{17}Cl$ মৌলদ্বয়ের মধ্যে অধিক ইলেকট্রো-পজিটিভ মৌলটির নাম কর। [H. S. 1982]

5. নিম্নলিখিত পরমাণুগুলির ক্ষেত্রে কাহার সর্বনিম্ন আয়নয়ন শক্তি বর্তমান ? তোমার উত্তরের সপক্ষে কারণ দাও।

(a) $1s^2 2s^2 2p^6$ (b) $1s^2 2s^2 2p^5$ (c) $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$

6. একটি পর্যায়ের বাম হইতে ডানদিকে যাইলে মৌলগুলির ইলেকট্রন প্রীতি বর্ধিত হয় কেন ?

7. পর্যায় সারণীতে অবস্থিত মৌলগুলির পরমাণবিক আয়তনের পরিবর্তন পর্যায় এবং শ্রেণীতে কিভাবে সংঘটিত হয় ?

8. নিম্নলিখিত জোড়গুলির কোন্‌টির আয়তন বেশি বল—

(a) Na, Na^+ (b) Br, Br^- (c) Br, I (d) O, Se (e) Na^+, Cl^- (f) Li, Cl

9. একই শ্রেণীতে থাকা সত্ত্বেও ক্লোরিন অধাতু কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ধাতু কেন ?

10. পারমাণবিক সংখ্যার বৃদ্ধির সহিত মৌলগুলির পরাযোজ্যতা এবং অপরা-যোজ্যতা কিভাবে পরিবর্তিত হয় ?

11. পরমাণুর কেন্দ্রকের আধান বৃদ্ধির সহিত মৌলগুলির উচ্চতর অক্সাইড-গুলির সুস্থিতি কিভাবে পরিবর্তিত হয় ?

12. দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ের একই শ্রেণীর মৌলগুলির ধর্মের যে-বিভিন্নতা দেখা যায় তাহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

13. বিভিন্ন পর্যায় ও শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলির উচ্চতর অক্সাইডের এবং হাইড্রক্সাইডের (a) অম্ল এবং ক্ষারধর্মিতা, (b) জারণ বিজারণ ক্ষমতা কিভাবে পরিবর্তিত হয় ?

14. ল্যান্থানাইড মৌলগুলির ধর্মের সাদৃশ্যের কারণ কি ?

15. Se ও Cr-এর মধ্যে কোন্‌টির ধর্ম মলিবডেনামের ধর্মের সদৃশ ?

16. পর্যায় সারণীর প্রথম শ্রেণীর এবং সপ্তম শ্রেণীর মৌলের সহিত হাইড্রো-জেনের সাদৃশ্যের কারণ কি ?

17. (a) প্রথম আয়নয়ন শক্তির এবং (b) ইলেকট্রন প্রীতির ভিত্তিতে হ্যালোজেন মৌলগুলিকে তুলনা কর।

18. ইলেকট্রন বিন্যাসের কোন্‌ বৈশিষ্ট্যের জন্য F, Cl, Br, I পর্যায় সারণীর একই শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত ? উহাদের যোজ্যতা কত হইবে ?

19. ব্রোমিনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিন এবং আয়োডিনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের মাঝামাঝি—তিনটি উদাহরণ সহযোগে ইহা প্রমাণ কর।

20. উপরের বিবৃতিটি সবসময়ে সত্য নহে—একটি উদাহরণ দাও।

21. একই শ্রেণীর মৌল হওয়া সত্ত্বেও ফ্লোরিনের ধর্ম অন্যান্য হ্যালোজেন মৌল হইতে অনেকাংশে ভিন্ন—ব্যাখ্যা কর।

22. অ্যাস্টাটিন (At) নামক একটি মৌল হ্যালোজেনের সহিত একই শ্রেণীতে অবস্থান করে—ইহার রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে তোমার ধারণা কি ? তোমার বক্তব্যের সপক্ষে যুক্তি দাও।

23. W, X, Y, Z মৌলগুলি পর্যায় সারণীর একটি হ্রস্ব পর্যায়ের অন্তর্ভুক্ত। W_2O একটি সুস্থিত যৌগ ও ক্ষারকীয়। X একটি সমযোজী তরল যৌগ XCl_3

উৎপন্ন করে। Y-এর অক্সাইডের সঙ্কেত Y_2O_3। Z, Z^{-1} উৎপন্ন করিতে পারে। উল্লিখিত তথ্যের ভিত্তিতে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও।

A. (a) মৌলগুলি কোন্ কোন্ শ্রেণীতে অবস্থান করে? (b) W_2O-তে জল যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণের প্রকৃতি কি হইবে? (c) W-এর সালফেটের সঙ্কেত কি হইবে? (d) WH-এর মধ্যে যোজ্যতার প্রকৃতি কি হইবে?

B. (a) X-এর উচ্চতম অক্সাইডের সঙ্কেত কি হইবে? জলের সহিত এই অক্সাইডের বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

(b) X একটি নিম্নতর অক্সাইড গঠন করিলে উহার সঙ্কেত কি হইবে?

(c) X-এর হাইড্রক্সাইডের সরলতম সঙ্কেত কি হইবে? S. T. P.-তে হাইড্রক্সাইডটির ভৌত অবস্থা কি হইবে?

(d) তোমার বক্তব্যের সহিত X-এর যোজ্যতার সামঞ্জস্য বিধান কর।

C. (a) Y-এর ক্লোরাইডের স্থূল সঙ্কেত লিখ।

(b) এই ক্লোরাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া কি হইবে?

(c) Y_2O_3 একটি উভধর্মী অক্সাইড। উভধর্মী অক্সাইড বলিতে কি বুঝ?

D. (a) জারণ বিজারণ ক্ষেত্রে Z-এর সম্ভাব্য ভূমিকা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

(b) W এবং Z-এর মধ্যে উৎপন্ন যৌগের সঙ্কেত লিখ।

(c) W এবং Z-এর মধ্যে উৎপাদিত যৌগের গলনাঙ্ক সম্বন্ধে তোমার ধারণা কি?

(d) গলিত অবস্থায় এই যৌগের মধ্যদিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে কি ঘটিবে?

24. ক্রমবর্ধমান আয়নয়ন বিভব অনুসারে নিম্নলিখিত মৌলগুলিকে সাজাও: Mg, Al, Si, Na. [I. I. T. 1985]

25. K^+, Cl^- -এ সমসংখ্যক ইলেকট্রন বিদ্যমান, তাহাদের ব্যাসার্ধ কি সমান হইবে?—ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1986]

26. প্রথম সন্ধিগত শ্রেণীতে কতগুলি মৌল আছে? ইহারা চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থান করে কেন? [J. E. 1986]

27. $^{23}_{11}Na$, $^{63}_{29}Cu$, $^{113}_{48}Cd$ এবং $^{210}_{84}Po$ মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দাও। পর্যায় সারণীতে মৌলগুলির অবস্থান নির্ণয় কর।

28. Cl, Br, I-এর ধর্ম হইতে একই শ্রেণীর পরবর্তী হ্যালোজেন অ্যাস্টাটিনের (Astatine, At) নিম্নলিখিত ধর্মগুলি সম্বন্ধে তোমার ধারণা কি?

(i) ভৌত অবস্থা, (ii) মৌলটির আণবিক সঙ্কেত, (iii) মৌলটির পটাসিয়াম লবণের আণবিক সঙ্কেত।

29. নিম্নলিখিত মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাইয়া পর্যায় সারণীতে উহাদের অবস্থান নির্দেশ কর:

$$^{27}_{13}Al,\ ^{31}_{15}P,\ ^{35}_{17}Cl,\ ^{39}_{19}K,\ ^{52}_{24}Cr,\ ^{65}_{30}Zn,\ ^{84}_{36}Kr$$

30. Li হইতে Fr পর্যন্ত মৌলগুলির পারমাণবিক আয়তন পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় কেন ?

31. Li অপেক্ষা K-এর প্রথম আয়নয়ন শক্তির মান কম কেন ?

32. সন্ধিগত মৌলগুলির পারমাণবিক ইলেকট্রন বিন্যাসের সহিত s-সমবায় এবং p-সমবায় মৌলগুলির ইলেকট্রন বিন্যাসের পার্থক্য কোথায় ? নিম্নলিখিত শর্তে Fe-এর ইলেকট্রন বিন্যাস বিবৃত কর—

(i) স্বাভাবিক অবস্থায়, (ii) +2 জারণস্তরে, (iii) +3 জারণস্তরে।

Fe^{+3} যৌগগুলি Fe^{+2} যৌগ অপেক্ষা তুলনামূলকভাবে সুস্থিত কেন ?

33. ব্যাখ্যা কর :

(i) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সহিত, বিভিন্ন শ্রেণীতে এবং পর্যায়ে, মৌলগুলির পরাতড়িৎ-ধর্মিতার পরিবর্তন।

(ii) একটি মৌলের দ্বিতীয় আয়নয়ন বিভব প্রথম আয়নয়ন বিভব অপেক্ষা বেশি।

34. অ্যানায়নের ক্ষেত্রে পরমাণু অপেক্ষা ব্যাসার্ধ বৃহত্তর এবং ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে পরমাণু অপেক্ষা ব্যাসার্ধ ক্ষুদ্রতর কেন ?

35. নির্দেশ অনুসারে নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে সাজাও :

(i) Pb, Al, Cu (ঘনত্বের ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে)

(ii) Zn, Na, K (পরাতড়িৎ-ধর্মিতার ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে)

(iii) Br, I, F, Cl (পরমাণুর আয়তনের ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে)

(iv) Na, Al, Mg (ঘনত্বের ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে)

(v) As_2O_3, N_2O_3, P_2O_3, Bi_2O_3 (অম্লধর্মিতার ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে)

(vi) Na_2O, MgO, Al_2O_3 (ক্ষারধর্মিতার ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে)

36. (a) নিম্নলিখিত পরমাণুগুলির ক্ষেত্রে কাহার আয়নয়ন শক্তি সর্বনিম্ন ? পরমাণুগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নে দেখানো হইল :

(i) $1s^2 2s^2 2p^6$ (ii) $1s^2 2s^2 2p^5$ (ii) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

(b) কোন্ কোন্ পরমাণুতে যতগুলি s ইলেকট্রন বর্তমান ঠিক ততগুলি p ইলেকট্রন বর্তমান ?

37. ব্যাখ্যা কর :

(i) তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক মৌলগুলি উত্তম বিজারক।

(ii) একই পর্যায়ে অবস্থিত ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলির আয়নের আয়তন ক্ষারীয় ধাতুগুলির আয়নের আয়তন অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর।

(iii) f-সমবায়ের মৌলগুলিকে আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল বলা হয়।

(iv) ধাতুগুলি তড়িতের সুপরিবাহী।

(v) '0' শ্রেণীর মৌলগুলি রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়।

(vi) Cs সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ধনাত্মক মৌল এবং F সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল।

(vii) তৃতীয় পর্যায়ে Na হইতে Cl পর্যন্ত মৌলগুলির অক্সাইডের ধর্ম ক্ষারীয় হইতে উভধর্মী এবং উভধর্মী হইতে আম্লিক হয়।

(viii) F-এর ইলেকট্রন প্রীতি Cl অপেক্ষা কম।

38. নিম্নলিখিত পারমাণবিক ক্রমাঙ্কবিশিষ্ট যুগ্ম মৌলগুলির কোন্ যুগ্মটির দুইটি মৌলই p-ব্লক মৌল :

(i) 12, 24 (ii) 9, 17 (iii) 4, 8 (iv) 10, 20

39. নিম্নলিখিত পরমাণুগুলির কোন্‌টির আয়নয়ন শক্তি অপেক্ষা Mg-এর আয়নয়ন শক্তি কম :

(i) Li (ii) Na (iii) Ca (iv) Be

40. নিম্নলিখিত মৌলগুলিকে আয়নয়ন শক্তির ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে সাজাও :

Fe, Ne, O, N

41. নিম্নলিখিত পরমাণুগুলি পারমাণবিক আয়তনের ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে সাজাও :

Li, Mg, F, K

42. পরমাণু ক্রমাঙ্কের ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে মৌলগুলিকে সাজাইলে পর্যায় সারণীর সৃষ্টি হয় কেন ?

43. মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে তিনি Fe, Co এবং Ni-কে সন্ধিগত মৌল বলিয়াছিলেন কেন ?

44. F সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল কেন ?

45. Be, B, C এবং N, O, F-এর মধ্যে ইলেকট্রন আসক্তি ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় কেন ?

46. নিম্নলিখিত ইলেকট্রন বিন্যাসগুলির কোন্‌টি VI শ্রেণী মৌলের :

(i) $1s^2 2s^2 2p^2$ (ii) $1s^2 2s^2 2p^4$ (iii) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

(iv) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

———

৩

রাসায়নিক বন্ধন এবং যোজ্যতা

(CHEMICAL BOND & VALENCY)

[Syllabus : Chemical bond—electrovalent, Covalent and Coordinate bonds. Simple properties of electrovalent and Covalent compounds with special reference to the compounds mentioned in Paper I. Polarity of bonds. Hydrogen bond (elementary idea]

3.1 সূচনা

আমরা জানি একাধিক মৌল পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। সুতরাং যৌগ অণুতে মৌলিক পরমাণুগুলির মধ্যে একটি আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল থাকে। এই আকর্ষণ বলই হইল **রাসায়নিক বন্ধন**। রাসায়নিক বন্ধনকে যোজ্যতার সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যোজ্যতা সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা প্রথম খণ্ডের চতুর্থ অধ্যায়ে করা হইয়াছে।

পরমাণুর ইলেকট্রন-গঠন-কাঠামো সম্বন্ধে বিস্তারিত তথ্য আহরিত হইবার পর বিজ্ঞানীদের মধ্যে পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠনের ভিত্তিতে মৌলগুলির যোজ্যতা ব্যাখ্যা করিবার প্রবণতা লক্ষণীয়ভাবে বাড়িয়া যায়। যে-সকল বিজ্ঞানী সাফল্যের সহিত উপরি-উক্ত ভিত্তিতে বিভিন্ন মৌলের যোজ্যতা ব্যাখ্যা করেন তাঁহাদের মধ্যে **লুই** (Lewis, 1916), **কোসেল** (Kossel, 1916) এবং **সিজউইক** (Sidgwick, 1927)-এর নাম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

পরমাণুর ইলেকট্রন-গঠন-কাঠামোর ভিত্তিতে যোজ্যতা ব্যাখ্যা করিতে যাইয়া তাঁহারা লক্ষ্য করেন যে, হিলিয়াম ছাড়া প্রত্যেকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর বাহিরের কক্ষে আটটি করিয়া ইলেকট্রন বর্তমান। হিলিয়ামের ক্ষেত্রে এই সংখ্যা দুই। এই গ্যাসগুলি রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় বলিয়া তাঁহারা মনে করিলেন যে, এই সকল গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন-গঠন-কাঠামো সুস্থিত (stable)। তাই তাঁহাদের ধারণা হইল যে, দুইটি বিভিন্ন পরমাণু যুক্ত হইয়া যৌগ-অণু গঠন করিবার সময় উহারা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন কাঠামো গ্রহণ করিয়া সংযুক্ত হয়। অর্থাৎ যৌগে হাইড্রোজেন লিথিয়াম ও বেরিলিয়াম পরমাণু ব্যতীত অন্যান্য পরমাণুর বাহিরের কক্ষ সব সময় আটটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে। ইহাকে বলা হয় **অষ্টকপূর্তি**। কেবলমাত্র হাইড্রোজেন লিথিয়াম ও বেরিলিয়াম পরমাণু হিলিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয় অর্থাৎ যৌগে উহাদের পরমাণুর বহিঃকক্ষে দুইটি ইলেকট্রন বর্তমান থাকে।

বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায় যে, কিছু যৌগ গলিত অবস্থায় অথবা জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম (তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যৌগ), আবার কিছু যৌগ গলিত অথবা

জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণ করিতে পারে না (তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য যৌগ)। সুতরাং ইহা পরিষ্কার যে, যৌগের মধ্যে প্রধানত দুই প্রকার রাসায়নিক বন্ধন ক্রিয়াশীল। রাসায়নিক যৌগের মধ্যে ক্রিয়াশীল বিভিন্ন প্রকার বন্ধনকে ব্যাখ্যা করিতে যাইয়া তাঁহারা যোজ্যতাকে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করেন :

(1) তড়িৎ-যোজ্যতা (Electro valency),

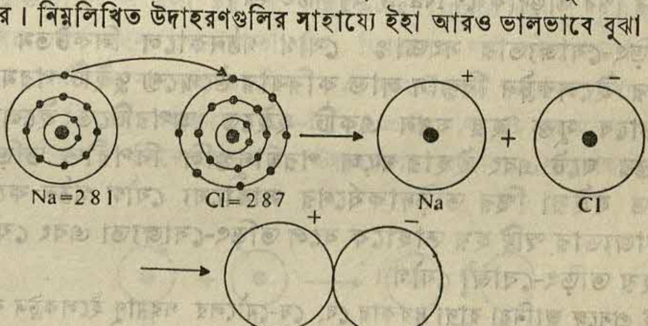
(2) সমযোজ্যতা (Co-valency) এবং

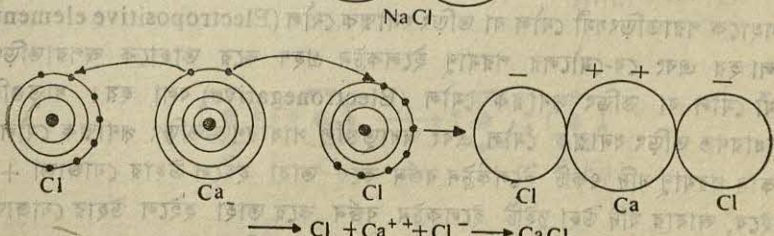
(3) অসমযোজ্যতা (Co-ordinate Co-valency)।

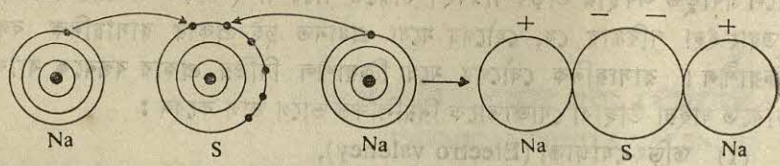
তাঁহাদের মতে তড়িৎ-যোজ্যতা সাধারণত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যৌগের ক্ষেত্রে ক্রিয়াশীল এবং অবশিষ্ট যৌগের ক্ষেত্রে সমযোজ্যতা অথবা অসমযোজ্যতা ক্রিয়াশীল (HCl একটি সমযোজী যৌগ হইলেও জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-পরিবহণ করে। ইহার কারণ এই অধ্যায়ের পরবর্তী অংশে জানা যাইবে)।

3.2 তড়িৎ-যোজ্যতা (কোসেল, 1916)

এই যোজ্যতার ক্ষেত্রে পরমাণুর ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে। দুইটি মৌল পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিলে একটি মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া অষ্টক পূরণ করে (Li ও Be-এর ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে) এবং পরাতড়িৎগ্রস্ত হয় এবং অন্য মৌলের পরমাণু ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অষ্টক পূরণ করে (H-এর ক্ষেত্রে হিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে) এবং অপরাতড়িৎগ্রস্ত হয়। পরমাণুগুলি বিপরীত তড়িদাধানে আহিত হওয়ার ফলে স্থির তড়িদাকর্ষণ হেতু পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। নিম্নলিখিত উদাহরণগুলির সাহায্যে ইহা আরও ভালভাবে বুঝা যাইবে।







$\longrightarrow Na^{+} + S^{=} + Na^{+} \longrightarrow Na_2S$

প্রথম উদাহরণ : Na-এর বাহিরের কক্ষে একটি ইলেকট্রন আছে এবং তাহার ঠিক নিচের কক্ষে আটটি ইলেকট্রন আছে। পক্ষান্তরে Cl-এর বাহিরের কক্ষে সাতটি ইলেকট্রন আছে। Na-এর পরমাণু হইতে একটি ইলেকট্রন Cl পরমাণুতে চলিয়া যাইলে Na পরমাণুর বাহিরের কক্ষের অষ্টকপূর্তি হয় এবং উহা পরাতড়িৎগ্রস্ত হয় এবং এই ইলেকট্রনটি গ্রহণ করিয়া Cl পরমাণু উহার বাহিরের কক্ষের অষ্টকপূর্তি করে এবং অপরাতড়িৎগ্রস্ত হয়। অতঃপর স্থির তড়িদাকর্ষণে NaCl অণু গঠিত হয়।

দ্বিতীয় উদাহরণ : Ca পরমাণুর বাহিরের কক্ষে 2টি এবং ঠিক তাহার নিচের কক্ষে 8টি ইলেকট্রন আছে। এই দুইটি ইলেকট্রন ছাড়িয়া দিলে উহার অষ্টকপূর্তি হইবে এবং এই দুইটি ইলেকট্রন দুইটি Cl পরমাণু গ্রহণ করিয়া নিজ নিজ অষ্টকপূর্তি করিবে। অতঃপর স্থির তড়িদাকর্ষণে $CaCl_2$ অণু গঠিত হইবে।

তৃতীয় উদাহরণ : ইহাতে S পরমাণু দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অষ্টকপূর্তি করে এবং দুইটি Na পরমাণু একটি করিয়া ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া অষ্টকপূর্তি করে এবং পরে স্থির তড়িদাকর্ষণে Na_2S অণু গঠিত হয়।

তড়িৎ-যোজ্যতার সংজ্ঞা : **যৌগ গঠনকালে নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করিবার উদ্দেশ্যে দুইটি পরমাণু যদি এমনভাবে যুক্ত হয় যখন একটি হইতে অপরটিতে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে এবং ইহার ফলে পরমাণুগুলি বিপরীত তড়িদাধানে আহিত হইয়া স্থির তড়িদাকর্ষণের সাহায্যে যৌগ গঠন করে তখন যে-যোজ্যতার সৃষ্টি হয় তাহাকে বলে তড়িৎ-যোজ্যতা এবং যৌগটিকে বলা হয় তড়িৎ-যোজী যৌগ।**

এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা দরকার যে, যে-মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করে তাহাকে পরাতড়িৎধর্মী মৌল বা তড়িৎ ধনাত্মক মৌল (Electropositive element) বলা হয় এবং যে-মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাকে অপরাতড়িৎ-ধর্মী মৌল বা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল (Electronegative) বলা হয়। ধাতুগুলি সাধারণত তড়িৎ ধনাত্মক মৌল এবং অধাতুগুলি সাধারণত তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। কোন পরমাণু যদি একটি ইলেকট্রন বর্জন করে তাহা হইলে উহার যোজ্যতা +1 হইবে, আবার যদি উহা দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করে তাহা হইলে উহার যোজ্যতা +2 হইবে। অনুরূপভাবে 3টি ইলেকট্রন বর্জন করিলে উহার যোজ্যতা +3

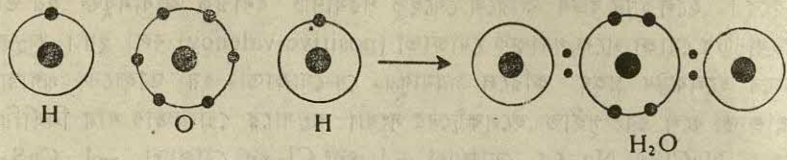
হইবে। ইলেকট্রন বর্জন করিলে যেহেতু পরমাণুটি ধনাত্মক আধানযুক্ত হয় তাই পরমাণুটির যোজ্যতাকে ধনাত্মক যোজ্যতা (positive valency) বলা হয়। অনুরূপ ভাবে ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে পরমাণুর যে-যোজ্যতা হয় তাহাকে ঋণাত্মক যোজ্যতা বলে এবং গৃহীত ইলেকট্রনের সংখ্যা অনুসারে যোজ্যতার মান নির্ধারিত হয়। NaCl-এ Na-এর যোজ্যতা +1 এবং Cl-এর যোজ্যতা −1, CaS-এ Ca-এর যোজ্যতা +2 এবং S-এর যোজ্যতা −2।

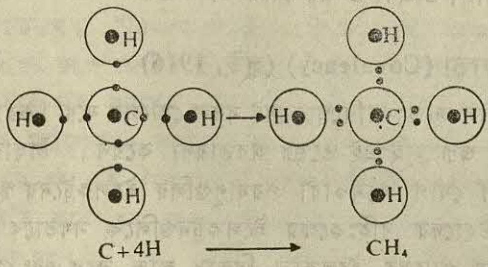
3.3 সমযোজ্যতা (Covalency) (লুই, 1916)

যে-সকল যৌগ তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য সেই সকল যৌগের মধ্যে ক্রিয়াশীল যোজ্যতাকে ব্যাখ্যা করিবার জন্য লুই এই তত্ত্বের অবতারণা করেন। তাঁহার মতে এই সকল যৌগ গঠন কালে যৌগ গঠনকারী পরমাণুগুলির ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে না। উভয় পরমাণু উহাদের বহিঃকক্ষের ইলেকট্রনগুলিকে সমভাবে ব্যবহার করিয়া নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে এবং যৌগ গঠন করে। যদি কোন যৌগে উভয় পরমাণুর একটি করিয়া ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহৃত হইয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস স্থাপিত হয় তাহা হইলে বলা হয় যে, পরমাণু-যুগলের মধ্যে **একবন্ধন** (Single bond) সৃষ্টি হইয়াছে। আবার যদি উভয় পরমাণু দুইটি করিয়া ইলেকট্রন দান করিয়া রাসায়নিক বন্ধনের সৃষ্টি করে তাহা হইলে বলা হয় যে, পরমাণুযুগলের মধ্যে **দ্বিবন্ধন** (Double bond) সৃষ্টি হইয়াছে। অনুরূপ-ভাবে উভয় পরমাণু যদি তিনটি করিয়া ইলেকট্রন দান করিয়া রাসায়নিক বন্ধনের সৃষ্টি করে তাহা হইলে বলা হয় যে, **ত্রিবন্ধন** (Tripple bond) সৃষ্টি হইয়াছে। একবন্ধনের অর্থ হইল সমযোজ্যতা এক, দ্বিবন্ধনের অর্থ হইল সমযোজ্যতা দুই, ত্রিবন্ধনের অর্থ হইল সমযোজ্যতা তিন। A এবং B দুইটি পরমাণুর মধ্যে একবন্ধন, দ্বিবন্ধন এবং ত্রিবন্ধন যথাক্রমে A—B, A=B, A≡B সঙ্কেতের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে সমযোজ্যতা বুঝান হইল :









প্রথম উদাহরণ ঃ H পরমাণুর বাহিরের কক্ষে একটি করিয়া ইলেকট্রন বর্তমান। হাইড্রোজেন অণু গঠনের সময় এই দুইটি ইলেকট্রন দুইটি পরমাণু সমান-ভাবে ব্যবহার করিয়া অণু গঠন করে। অণু গঠনের ফলে দুইটি পরমাণুই He পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয়।

দ্বিতীয় উদাহরণ ঃ Cl পরমাণুর বহিঃকক্ষে 7টি করিয়া ইলেকট্রন আছে। যখন Cl_2 গঠিত হয় তখন উভয় পরমাণু একটি করিয়া ইলেকট্রন দান করে এবং সমভাবে ব্যবহার করিয়া অণু গঠন করে। অণুতে প্রত্যেক পরমাণুরই অষ্টকপূর্তি হয়।

তৃতীয় উদাহরণ ঃ অক্সিজেন পরমাণুর বহিঃকক্ষে 6টি ইলেকট্রন বর্তমান। O-এর একটি পরমাণুর দুইটি ইলেকট্রন দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রত্যেকটির একটি করিয়া ইলেকট্রনকে সমভাবে ব্যবহার করিয়া H_2O অণু গঠন করে। ইহার ফলে H_2O তে H-পরমাণু He পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয় এবং O পরমাণু নিয়ন পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয়।

চতুর্থ উদাহরণ ঃ C পরমাণুর বহিঃকক্ষে 4টি ইলেকট্রন বর্তমান। এই 4টি এবং 4টি H পরমাণুর প্রত্যেকটির একটি করিয়া মোট 4টি ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহৃত হইয়া CH_4 অণু গঠন করিয়াছে। এই ক্ষেত্রেও H পরমাণু He পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হইয়াছে এবং C পরমাণু Ne পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হইয়াছে।

সমযোজ্যতার সংজ্ঞা ঃ যৌগ গঠনকালে দুইটি পরমাণু যদি নিজেদের সমসংখ্যক ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহার করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হইয়া যৌগ গঠন করে

তখন যে-যোজ্যতার সৃষ্টি হয় তাহাকে সমযোজ্যতা বলে এবং উৎপন্ন যৌগকে সমযোজী যৌগ বলা হয়।

তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য অজৈব যৌগে এবং সকল জৈব যৌগে সমযোজ্যতা বর্তমান।

3.4 অসমযোজ্যতা (Coordinated Covalency) (সিজউইক, 1927)

অসমযোজ্যতা হইল সমযোজ্যতার প্রকারভেদ। সমযোজ্যতায় বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলির প্রত্যেকটি হইতে সমসংখ্যক ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহৃত হইয়া সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। পক্ষান্তরে অসমযোজ্যতার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী দুইটি পরমাণুর একটির এক জোড়া ইলেকট্রন দুইটি পরমাণুই সমভাবে ব্যবহার করিয়া যোজ্যতার সৃষ্টি করে। মনে রাখিতে হইবে যে, ইহার ফলেও উভয় পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয়। **সুতরাং, যে-রাসায়নিক বন্ধনে দুইটি পরমাণুর মধ্যে সমভাবে ব্যবহৃত ইলেকট্রনযুগল উহাদের একটি হইতে প্রদত্ত হইয়া সমভাবে ব্যবহৃত হয় সেই যোজ্যতাকে অসমযোজ্যতা বলে এবং এইরূপ রাসায়নিক বন্ধনকে অসমযোজী বন্ধন বলা হয়।** যে-পরমাণু ইলেকট্রনযুগল দান করে তাহাকে **দাতা পরমাণু** (donor atom) এবং অপর পরমাণুটিকে **গ্রহীতা পরমাণু** (acceptor atom) বলা হয়। দাতা পরমাণু হইতে গ্রহীতা পরমাণুর দিকে তীর চিহ্ন আঁকিয়া এই যোজ্যতা বুঝান হয়। নিম্নের উদাহরণ হইতে ইহা বুঝা যাইবে। ধরা যাক্, AB যৌগে A পরমাণুর বহিঃকক্ষের দুইটি ইলেকট্রন A ও B সমভাবে ব্যবহার করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করিল। তখন AB যৌগকে $A\!:\!\rightarrow B$ সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

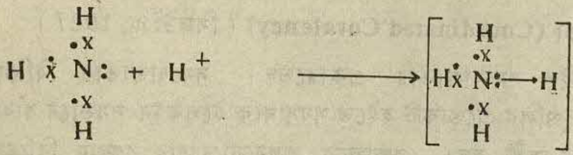
এ কথা মনে রাখিতে হইবে যে, অসমযোজী বন্ধনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় অংশ-গ্রহণকারী একটি পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে কমপক্ষে একজোড়া **নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন** থাকিবে। এই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল অন্য পরমাণুর সহিত কোনও ভাবে যুক্ত নহে। গ্রহীতা পরমাণু এই ইলেকট্রনযুগল গ্রহণ করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন কাঠামো গ্রহণ করিবে।

প্রকৃত প্রস্তাবে অসমযোজ্যতার প্রকৃতি তড়িৎ-যোজ্যতা ও সমযোজ্যতার মাঝামাঝি। তড়িৎ-যোজ্যতার ক্ষেত্রে একটি পরমাণু হইতে অন্য পরমাণুতে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে। সমযোজ্যতার ক্ষেত্রে একাধিক পরমাণু হইতে সমসংখ্যক ইলেকট্রন আসিয়া সমভাবে সকল পরমাণু-কর্তৃক ব্যবহৃত হয়। আর অসম-যোজ্যতার ক্ষেত্রে ইলেকট্রনযুগলগুলি বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পরমাণু-কর্তৃক সমভাবে ব্যবহৃত হইলেও ইলেকট্রনযুগল একটি পরমাণু হইতে আসে। ইহার ফলে দাতা পরমাণুতে সামান্য ধনাত্মক আধান সৃষ্টি হয় এবং গ্রহীতা পরমাণুতে সামান্য ঋণাত্মক আধান সৃষ্টি হয়। এই কারণে অসমযোজী বন্ধনকে **অর্ধধ্রুবীয় বন্ধনও** (Semipolar bond) বলা হয়।

নিম্নে কতকগুলি অসমযোজী বন্ধনের উদাহরণ দেওয়া হইল :

(1) $NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$

অ্যামোনিয়াম আয়ন



অর্থাৎ NH_4^+
অ্যামোনিয়াম আয়ন

(2) $H_2O + H^+ \rightarrow H_3O^+$ হাইড্রোনিয়াম আয়ন

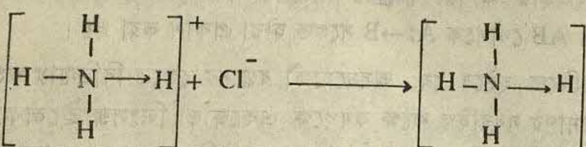


বা H_3O^+
হাইড্রোনিয়াম আয়ন

(3) $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$

$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

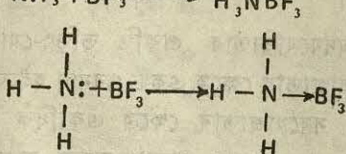




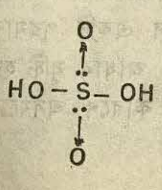
Cl বা NH_4Cl
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

(4)

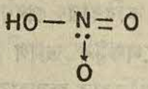
$NH_3 + BF_3 \longrightarrow H_3NBF_3$

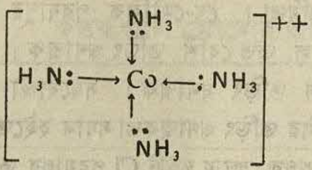


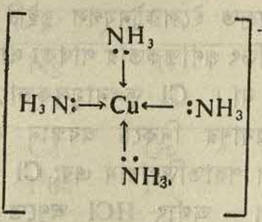
(5)



(H_2SO_4)

(6)  (HNO_3)

 বা $Co(NH_3)_4^{++}$

(7)  বা $Cu(NH_3)_4^{++}$

3.5 কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

(1) তড়িৎ-যোজ্যতার ক্ষেত্রে যে-পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাহার ইলেকট্রন কাঠামো পর্যায় সারণীতে ঠিক পূর্ববর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয়, আর যে-পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেই পরমাণু পর্যায় সারণীতে ঠিক পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয়।

(2) সমযোজ্যতা এবং অসমযোজ্যতার ক্ষেত্রে উভয় পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো পর্যায় সারণীতে অবস্থিত পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন কাঠামো প্রাপ্ত হয়।

(3) একাধিক ইলেকট্রনযুগল সমযোজী বন্ধনে অংশ গ্রহণ করিতে পারে।

(4) অসমযোজী বন্ধনের ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর মধ্যে কেবলমাত্র এক জোড়া ইলেকট্রন বন্ধনী গঠনে অংশ গ্রহণ করে। উপরের 7নং উদাহরণে NH_3-তে N-এর অসমযোজ্যতা 1 কিন্তু Cu-এর 4।

(5) অধিক পরাতড়িৎধর্মী এবং অপরাতড়িৎধর্মী মৌলের মধ্যে যৌগ গঠিত হইলে তড়িৎ-যোজ্যতা দেখা যায়।

(6) সমযোজী যৌগও ক্ষেত্রবিশেষে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে আচরণ করিতে পারে, যেমন, HCl।

3.6 মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বা অপরাতড়িৎধর্মিতা (Electro-negativity of elements)

তড়িৎ-যোজ্যতার ক্ষেত্রে আমরা লক্ষ্য করিয়াছি যে, একটি পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং অপর পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করে। সুতরাং দেখা যাইতেছে

যে, কোন কোন পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার প্রবণতা বেশি আবার কোন কোন পরমাণুর এই প্রবণতা কম অথবা ইলেকট্রন ত্যাগ করিবার ঝোঁক বেশি। কোন মৌলিক পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার ক্ষমতার পরিমাপ হইল মৌলটির তড়িৎ ঋণাত্মকতা বা অপরাতড়িৎধর্মিতা। যে-মৌলিক পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার ক্ষমতা যত বেশি সেই মৌল তত বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক। বিপরীতভাবে বলিতে গেলে, সেই মৌল তত কম তড়িৎ ধনাত্মক। সমযোজী বন্ধনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা সমান হইতে পারে, আবার বিভিন্ন হইতে পারে। যেমন Cl_2 অণুর ক্ষেত্রে দুইটি Cl পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সমান। তাই এই অণুতে সমভাবে ব্যবহৃত ইলেকট্রনযুগল দুইটি পরমাণুর মধ্যে অবস্থান করে। কিন্তু HCl-এর ক্ষেত্রে তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য থাকায় ইলেকট্রন-যুগল পরমাণু দুইটির মধ্যস্থলে থাকিবে না। Cl তুলনামূলকভাবে বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় ইলেকট্রনযুগল Cl পরমাণুর নিকটে অবস্থান করিবে। ফলে HCl অণুর H পরমাণুতে কিছু পরিমাণ পরাতড়িদাধান এবং Cl পরমাণুতে কিছু পরিমাণ অপরাতড়িদাধান সৃষ্টি হইবে। অর্থাৎ HCl অণুতে আংশিকভাবে তড়িৎ-যোজ্যতা ক্রিয়া করিবে। এই কারণেই জলীয় দ্রবণে HCl তড়িৎ-পরিবহণ করিতে সক্ষম।

তড়িৎ ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা : কোন মৌলের ইলেকট্রন আকর্ষণের ক্ষমতাকে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলে। অন্যভাবে বলিতে গেলে, যৌগ অণুতে অবস্থিত কোন মৌলিক পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন আকর্ষণের ক্ষমতাকে উহার তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলা হয়।

3.7 আয়নীভবন বিভব এবং মৌলের ইলেকট্রন প্রীতি (Ionisation potential and electron-affinity of an element)

তড়িৎ-যোজ্যতার ক্ষেত্রে আমরা দেখিয়াছি যে, যৌগ গঠন হইবার পূর্বে কোন মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং অপর পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে। যে-মৌল ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাহার একটি পরমাণু হইতে একটি যোজ্যতা ইলেকট্রন দূরীভূত করিয়া পরাতড়িৎগ্রস্ত আয়ন উৎপন্ন করিতে যে-পরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করিতে হয় তাহাকে বলা হয় মৌলটির **আয়নীভবন বিভব**। পক্ষান্তরে একটি প্রশম পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন যুক্ত করিতে যে-পরিমাণ শক্তি মুক্ত হয় তাহা মৌলটির ইলেকট্রন প্রীতি বা ইলেকট্রন অ্যাফিনিটি। সুতরাং কোন মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পরিমাপ হইল উহার **ইলেকট্রন প্রীতি**।

ইহা পরিষ্কার যে, কোন যৌগ অণু হইতে উপাদান মৌলগুলির পরমাণু পৃথক করিতে হইলে শক্তি প্রয়োগ করিতে হয় অর্থাৎ শক্তির শোষণ ঘটে। সুতরাং যে-কোন যৌগ অণুগঠনে শক্তিমুক্ত হয়। এই মুক্ত শক্তির ভিত্তিতে পাউলিং এবং আয়নীভবন বিভব ও ইলেকট্রন প্রীতির ভিত্তিতে মুলিকেন. বিভিন্ন মৌলের

তড়িৎ ঋণাত্মকতা পরিমাপ করেন। বিভিন্ন মৌলের ক্ষেত্রে উভয় বিজ্ঞানী প্রদত্ত মান মিলিয়া যান। বিভিন্ন মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান নিম্নের সারণীতে দেওয়া হইল :

কতকগুলি মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা

H						
2·1						
Li	Be	B	C	N	O	F
0·98	1·5	2·0	2·5	3·07	3·5	4
Na	Ng	Al	N	P	S	Al
0·93	1·2	1·6	1 9	2·2	2·6	3·0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
0·91	1·04	1·8	2·0	2·1	2·5	2·8
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
0·89	0·99	1·5	1·7	1·8	2·1	2·6

3.8 রাসায়নিক বন্ধনের ধ্রুবীয়তা বা পোলারিটি এবং দ্বিমেরু ভ্রামক বা ডাইপোলমোমেন্ট (Polarity of a chemical bond and dipolemoment)

নিম্নলিখিত তিনটি সমযোজী যৌগ লক্ষ্য করা যাক্ :

$$\underset{1}{X:Y} \qquad \underset{2}{\overset{-}{A}:\overset{+}{B}} \qquad \underset{3}{\overset{+}{C}:\overset{-}{D}}$$

প্রথম ক্ষেত্রে X ও Y-এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সমান হওয়ায় রাসায়নিক বন্ধনের ঠিক কেন্দ্রস্থলে ইলেকট্রনযুগল অবস্থান করিতেছে। সুতরাং ইলেকট্রন ঘনত্বের সমবন্টন হইয়াছে।

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে A, B অপেক্ষা অধিক অপরাতড়িৎধর্মী মৌল বলিয়া ইলেকট্রন-যুগল A পরমাণুর অধিকতর নিকটে অবস্থান করিতেছে। ইলেকট্রন ঘনত্বের অসম বন্টনের ফলে A-এর উপর সামান্য অপরা আধান এবং B-এর উপর সমপরিমাণ পরা আধান সৃষ্টি হইয়াছে।

তৃতীয় ক্ষেত্রে D, C অপেক্ষা অধিক অপরাধর্মী বলিয়া ইলেকট্রনযুগল D-এর অধিকতর নিকটে অবস্থান করিতেছে। ইহার ফলে C-এর উপর সামান্য পরা-তড়িদাধান এবং D উপর সমপরিমাণ অপরাতড়িদাধান উৎপন্ন হইয়াছে।

সুতরাং, আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, AB এবং CD যৌগের ক্ষেত্রে সম-

যোজ্যতা সত্ত্বেও উহাদের মধ্যে আংশিক তড়িৎ-যোজ্যতার ন্যায় যোজ্যতা ক্রিয়াশীল অর্থাৎ যৌগগুলিকে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যাইতে পারে।

$$\overset{-\delta}{A} - \overset{+\delta}{B} \qquad \overset{+\delta}{C} - \overset{-\delta}{D}$$

এই রকম সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ অণুকে বলা হয় পোলার অণু বা ধ্রুবীয় অণু।

উপরের উদাহরণে দুইটি পরমাণুর সাহায্য লইয়া ধ্রুবীয়তা দেখানো হইলেও অনেক বহুপরমাণুক অণুর ক্ষেত্রেও ধ্রুবীয়তা থাকে। যথা, জলের অণু এবং সালফার ডাই-অক্সাইড অণু ধ্রুবীয়।



সুতরাং, ভিন্ন তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্মবিশিষ্ট দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণুর দ্বারা গঠিত যৌগ অণুর বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রনের অবস্থানের তারতম্য হেতু যৌগ অণুটির বিভিন্ন পরমাণুতে পরা এবং অপরাতড়িৎ আধানের উৎপত্তি হয়। এই সকল যৌগ অণুগুলিকে পোলার অণু বা ধ্রুবীয় অণু বলা হয়। 3.1 নং চিত্রে বিশুদ্ধ আয়নীয় বন্ধন এবং বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধনের মধ্যবর্তী অবস্থা, ধ্রুবীয় বন্ধন ইলেকট্রন মেঘের সাহায্যে দেখান হইল :



চিত্র 3.1

স্বাভাবিক কারণেই অক্সিজেন, ক্লোরিন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি অণুর বন্ধনে কোনও ধ্রুবীয়তা বা পোলারিটি থাকে না। অপরপক্ষে HCl অণুর বন্ধনে পোলারিটি থাকে।

কোন অণুতে বন্ধনীর পোলারিটি ডাইপোলমোমেন্টের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

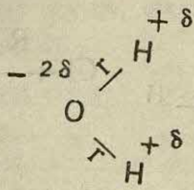
3.9 ডাইপোলমোমেন্ট বা দ্বিমেরু ভ্রামক

একটি ধ্রুবীয় অণুতে দুইটি মৌলিক পরমাণুর মধ্যে যে-দূরত্ব থাকে তাহাকে যে-কোন একটি পরমাণুতে উৎপন্ন আধানের সংখ্যামান দ্বারা গুণ করিয়া যাহা পাওয়া

যায় তাহাকে **ডাইপোলমোমেন্ট** বা **দ্বিমেরু ভ্রামক** বলা হয়। ইহাকে 'μ' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। নিম্নের উদাহরণের সাহায্যে ইহা ভালভাবে বুঝা যাইবে।

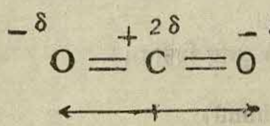
$$\overset{+\delta}{H} \underset{r}{\text{———}} \overset{-\delta}{Cl}$$

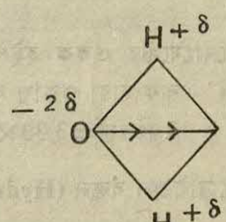
HCl অণুর ডাইপোলমোমেন্ট $\mu=\delta \times r$ কুলম্ব সেমি.। অনুরূপভাবে, জলের অণুতে H – O বন্ধনের ডাইপোলমোমেন্ট $\mu=\delta \times r$ কুলম্ব সেমি.।



এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখিতে হইবে যে, ডাইপোলমোমেন্ট একটি ভেক্টর রাশি। তাই বহু পরমাণুক অণুর ক্ষেত্রে লব্ধি ডাইপোলমোমেন্টের (resultant dipolemoment) মান বিভিন্ন রাসায়নিক বন্ধনের ডাইপোলমোমেন্টের ভেক্টর যোগফলের সমান হইবে। পরীক্ষাদ্বারা দেখা গিয়াছে যে, CO_2 এবং CS_2-এর ডাইপোলমোমেন্টের মান শূন্য। আবার, H_2O-অণুতে ডাইপোলমোমেন্টে বর্তমান। অর্থাৎ CO_2 এবং CS_2 অধ্রুবীয় বা ননপোলার, অপরপক্ষে H_2O ধ্রুবীয় বা পোলার। ইহার কারণ হইল CO_2 এবং CS_2 অণুর গঠন কাঠামো রৈখিক এবং প্রতিসম (Symmetrical) বলিয়া দুই সমমানের ভেক্টর বিপরীত দিকে কাজ করে এবং লব্ধি ডাইপোলমোমেন্টের মান শূন্য হয়। অপরপক্ষে, H_2O অণুতে H—O—H 104°24′ কোণে অবস্থান করে। আমরা জানি, দুইটি ভেক্টর একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে নির্দিষ্ট কোণ করিয়া ক্রিয়াশীল হইলে উহার একটি লব্ধি থাকিবেই। তাই H_2O অণু ধ্রুবীয়। নিম্নের চিত্রের সাহায্যে ইহা আরও ভালভাবে বুঝা যাইবে।

ঠিক একই কারণে SO_2, H_2S ইত্যাদি অণু ধ্রুবীয়।



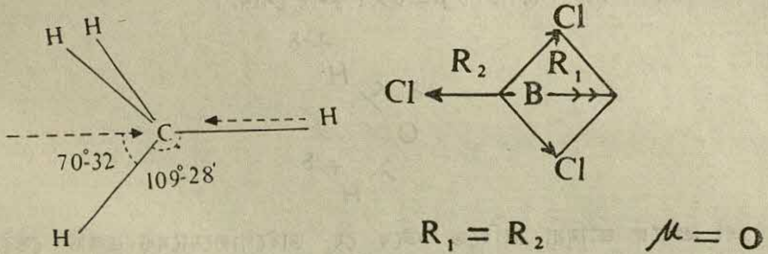


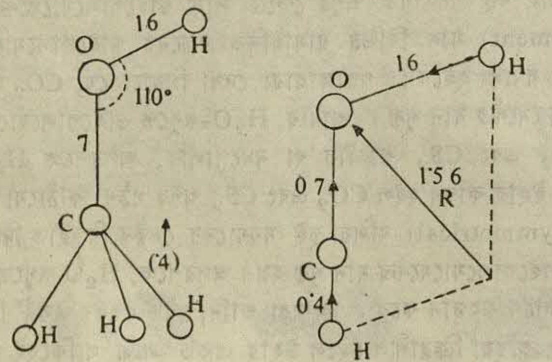
দ্বিপরমাণুক মৌল অণুগুলিতে ডাইপোলমোমেন্টের মান শূন্য, কারণ উহাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান সমান হওয়ায় $\delta=0$।

সুতরাং, $\mu=0 \times r=0$।

আবার, CCl_4, CH_4, BCl_3 প্রভৃতি কতকগুলি কৌণিক অণু আছে যেগুলি অধ্রুবীয়। এই সকল ক্ষেত্রে বিভিন্ন বন্ধনের ডাইপোলমোমেন্টের ভেক্টর যোগফলের মান শূন্য হয়।

কিন্তু NH_3, PCl_5 CH_3OH ইত্যাদি অণুর ক্ষেত্রে ভেক্টর যোগফলশূন্য হয় না বলিয়া উহারা ধ্রুবীয়। নিম্নের উদাহরণগুলি দেখিলে ইহা আরও পরিষ্কারভাবে বুঝা যাইবে :





আমরা পূর্বেই জানিয়াছি যে, অসমযোজী বন্ধনে দাতা পরমাণুতে পরাতড়িদাধান এবং গ্রহীতা পরমাণুতে অপরাতড়িদাধান সৃষ্টি হয়। তাই সকল অসমযোজী বন্ধন ধ্রুবীয় হইবে।

ডাইপোলমোমেন্টের একক হইল কুলম্ব সেমি. বা কুলম্ব মিটার। বর্তমানে ইহাকে 'ডিবাই' একক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$1 \text{ ডিবাই} = 3{\cdot}33 \times 10^{-30} \text{ কুলম্ব মিটার।}$$

3.11 হাইড্রোজেন বন্ধন (Hydrogen bond)

HF, H_2O অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) অ্যালকোহল (ROH) তরল NH_3 প্রভৃতি হাইড্রোজেন ঘটিত কয়েকটি যৌগে একটি বিশেষ ধরনের দুর্বল বন্ধন সৃষ্টি হয়। এই বন্ধনকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলা হয়। প্রথমে HF-কে উদাহরণ হিসাবে লওয়া যাক। HF অণুতে সমযোজ্যতা ক্রিয়াশীল কিন্তু H এবং F-এর

মধ্যে তড়িৎ ঋণাত্মকতার ব্যবধানের জন্য একটি অণুতে H পরাতড়িৎগ্রস্ত এবং F অপরাতড়িৎগ্রস্ত হয়। আবার উহাদের মধ্যে তড়িৎ ঋণাত্মকতার ব্যবধান খুব বেশি হওয়ায় পরমাণুগুলির উপর উৎপন্ন আধানের পরিমাণ তুলনামূলকভাবে বেশি। এই কারণে HF-এর একটি অণুতে উপস্থিত H^+ এবং অপর অণুতে উপস্থিত F^--এর মধ্যে একটি দুর্বল আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল হয়। ইহার ফলে একাধিক HF অণু এই বন্ধনের সাহায্যে পরস্পরের সহিত যুক্ত অবস্থায় থাকে। এই বন্ধনকে বলা হয় হাইড্রোজেন বন্ধন। হাইড্রোজেন বন্ধনকে সাধারণত সমরৈখিক কতকগুলি বিন্দুর ('.........') সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

নিম্নের চিত্র দেখিলে উহা বুঝা যাইবে,

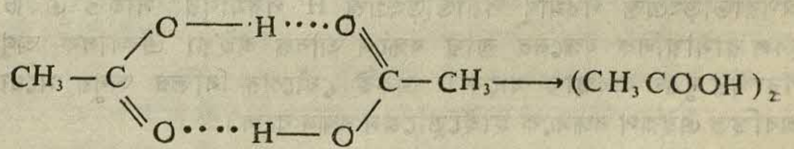
$$----\overset{+\delta}{H}—\overset{-\delta}{F}----\overset{+\delta}{H}—\overset{-\delta}{F}----\overset{+\delta}{H}—\overset{-\delta}{F}---- \longrightarrow (HF)_n$$

$n = 2, \quad 3, \quad 4$ ------ ইত্যাদি

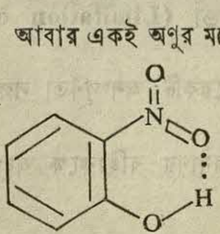
অনুরূপ কারণে H_2O, NH_3, ROH, (অ্যালকোহল) CH_3COOH অণুতে হাইড্রোজেন বন্ধন বর্তমান, যথা :

$$\cdots\overset{\overset{+}{H}|}{\bar{O}}—\overset{+}{H}\cdots\overset{\overset{+}{H}|}{\bar{O}}—\overset{+}{H}\cdots\overset{\overset{+}{H}|}{\bar{O}}—\overset{+}{H}\cdots \longrightarrow (H_2O)_n$$

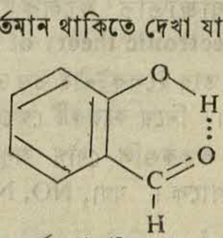
$$\cdots\overset{R|}{\bar{O}}—\overset{+}{H}\cdots\overset{R|}{\bar{O}}—\overset{+}{H}\cdots\overset{R|}{\bar{O}}—\overset{+}{H}\cdots \longrightarrow (ROH)_n$$



আবার একই অণুর মধ্যেও হাইড্রোজেন বন্ধন বর্তমান থাকিতে দেখা যায় :



অর্থো নাইট্রোফেনল



অর্থো হাইড্রক্সি বেঞ্জালডিহাইড

হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য একাধিক অণুর মধ্যে একটি আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল

বলিয়া যৌগটি তরল অবস্থায় অবস্থান করে। পূর্বেই বলা হইয়াছে হাইড্রোজেন বন্ধন একটি দুর্বল বন্ধন এবং ইহা হাইড্রোজেন ঘটিত যৌগে উপাদান মৌলগুলির অপরাধর্মিতার ব্যবধানের আধিক্যহেতু ঘটে।

কয়েকটি জ্ঞাতব্য :

যে-সকল যৌগে H-এর সহিত যুক্ত অপর মৌলিক পরমাণুগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা খুব বেশি সেই সকল ক্ষেত্রে H বন্ধন দেখা যায়।

তাহাছাড়া কম পারমাণবিক ব্যাসার্ধবিশিষ্ট মৌলগুলির সহিত H যুক্ত থাকিলে হাইড্রোজেন বন্ধন দেখা যায়।

অক্সিজেন এবং সালফার পর্যায় সারণীর একই শ্রেণীত অবস্থিত। O-এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ S-এর তুলনায় কম এবং তড়িৎ ঋণাত্মকতা S-এর তুলনায় অনেক বেশি হওয়ায় H_2O-এ হাইড্রোজেন বন্ধন দেখা যায়, কিন্তু H_2S-এ হাইড্রোজেন বন্ধন দেখা যায় না। তাই সাধারণ উষ্ণতায় H_2O তরল কিন্তু H_2S গ্যাস।

হাইড্রোজেন বন্ধন থাকার ফলে জলকে 0°C উষ্ণতায় শীতল করিলে উহা কঠিন হইয়া বরফ হইবার সময় কঠিনের মধ্যে অনেক শূন্যস্থান থাকিয়া যায়। বরফকে যখন উত্তাপ প্রয়োগে গলানো হয় তখন এই শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ হইবার জন্য উহার আয়তন কমিয়া যায়। (জলের ব্যতিক্রান্ত, প্রসারণ)।

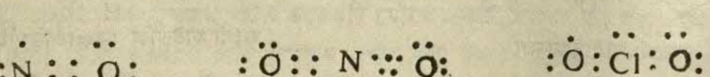
একটি অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন থাকিলে অণুটির প্রত্যাশিত ধর্মের পরিবর্তন হইতে দেখা যায়। অ্যালকোহলের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন থাকার ফলে উহার স্ফুটনাঙ্ক ইথার অপেক্ষা বেশি। আবার হাইড্রোজেন বন্ধন থাকার ফলে NH_3 PH_3 অপেক্ষা সহজে তরলে পরিণত হয়।

হাইড্রোজেন বন্ধনের সংজ্ঞা : কতকগুলি হাইড্রোজেন-ঘটিত যৌগে উপাদান মৌলগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতার ব্যবধান অধিক হওয়ার ফলে অণুগুলি তীব্রভাবে ধ্রুবীয় হয় এবং অণুতে উপস্থিত অপরাতড়িৎগ্রস্ত পরমাণু পরাতড়িৎগ্রস্ত H পরমাণুর সহিত একটি দুর্বল রাসায়নিক বন্ধনের ন্যায় বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া একাধিক অণু পরস্পর যুক্ত অবস্থায় থাকে। একই যৌগের বিভিন্ন অণুর মধ্যে অবস্থিত এইরূপ বন্ধনকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলে।

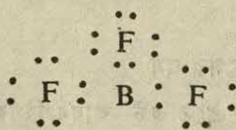
3.12 যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের অসম্পূর্ণতা (Limitation of electronic theory of valency)

যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব ত্রুটিমুক্ত নহে। ইহার কয়েকটি অসম্পূর্ণতা লক্ষ্য করা যায়। নিম্নে কয়েকটি ক্ষেত্রে ইহা উল্লেখ করা হইল :

(a) কতকগুলি যৌগ অণুতে উপাদান মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষে অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকে। যথা, NO, NO_2, ClO_2।



(b) কিছু কিছু যৌগ অণুতে উপাদান মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষ অপূর্ণ থাকিয়া যায়। যথা, BF_3 অণুতে B পরমাণুর বহিঃকক্ষে ছয়টি ইলেকট্রন থাকে।



(c) কতকগুলি যৌগ অণুতে উপাদান মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষে দশ, বার এমন কি ষোলটি পর্যন্ত ইলেকট্রন থাকিতে দেখা যায়। যেমন, PCl_5, SF_6 ইত্যাদি।



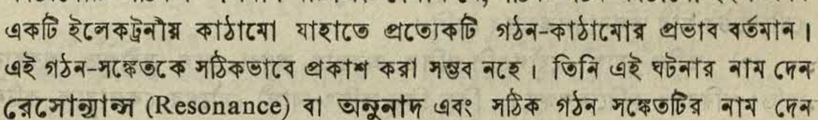
(d) যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুসারে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির কোনও যৌগ থাকার কথা নয়। কিন্তু বর্তমানে Ar, Kr, Xe প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির বিভিন্ন যৌগ আবিষ্কৃত হইয়াছে। যথা, XeF_4, $HgHe_{10}$ $Ar.8BF_3$ ইত্যাদি।

3.13 অনুনাদ বা রেসোন্যান্স (Resonance)

অনেক সময় লক্ষ্য করা যায় যে, একই যৌগ অণুর ইলেকট্রনীয় কাঠামো বিভিন্নভাবে প্রকাশ করা যাইতে পারে। সুতরাং প্রশ্ন হইতে পারে কোন্ গঠন-কাঠামোটি সঠিক। লিনাস পাউলিং দেখান যে, সঠিক গঠন-কাঠামো হইল এমন একটি ইলেকট্রনীয় কাঠামো যাহাতে প্রত্যেকটি গঠন-কাঠামোর প্রভাব বর্তমান। এই গঠন-সঙ্কেতকে সঠিকভাবে প্রকাশ করা সম্ভব নহে। তিনি এই ঘটনার নাম দেন **রেসোন্যান্স** (Resonance) বা **অনুনাদ** এবং সঠিক গঠন সঙ্কেতটির নাম দেন **রেসোন্যান্স হাইব্রিড** (Resonance hybrid) বা **অনুনাদী সংকর**।

একটি উদাহরণ দিলে ইহা আরও ভালভাবে বুঝা যাইবে।

ওজোনের (O_3)-এর গঠন সঙ্কেত নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যাইতে পারে।



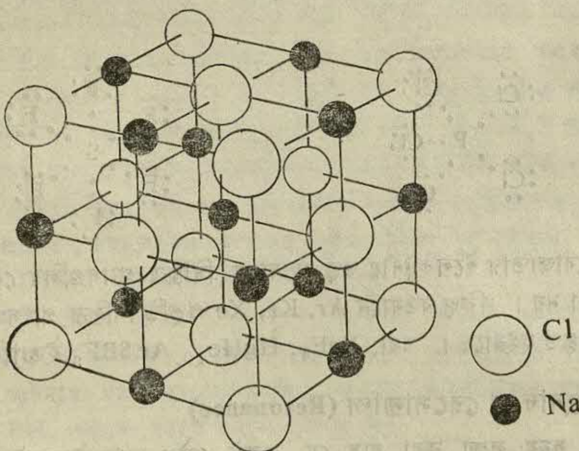
$O = O \rightarrow O$ $\quad$ $O \leftarrow O = O$ $\quad$ $O \rightarrow O \rightarrow O$ $\quad$ $O \leftarrow O \leftarrow O$

এখন প্রশ্ন হইল আসল গঠন সঙ্কেতটি কি? পাউলিং-এর মতানুসারে সঠিক

গঠন সঙ্কেত হইল এমন একটি গঠন সঙ্কেত যাহাতে উপরে প্রদর্শিত চারিটি সঙ্কেতেরই প্রভাব বর্তমান। বাস্তব অভিজ্ঞতায় দেখা গিয়াছে যে, রেসোন্যান্স সম্ভব এমন অণুগুলি সাধারণত সুস্থিত হয়।

3.14 তড়িৎ-যোজী যৌগের ধর্ম

এই সকল যৌগে উপস্থিত প্রত্যেকটি আয়ন বিপরীত আধানযুক্ত আয়ন দ্বারা পরিবৃত থাকে বলিয়া যৌগগুলি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারবিশিষ্ট কঠিন কেলাসাকারে অবস্থান করে। যথা, সোডিয়াম ক্লোরাইড NaCl (চিত্র 3.2)।



চিত্র 3.2

(b) তড়িৎ-যোজী যৌগের ধ্রুবীয়তা খুব বেশি হওয়ায় উহাদের ডাইপোল-মোমেন্টের মান তুলনামূলকভাবে বেশি।

(c) তড়িৎ-যোজী যৌগগুলি গলিত অবস্থায় অথবা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণ করিতে সক্ষম। কিছু কিছু তড়িৎ-যোজী যৌগের কেলাসকে কঠিন অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণ করিতে দেখা যায়।

(d) তড়িৎ-যোজী যৌগের অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল তীব্র হওয়ায় উহাদের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত বেশি।

(e) আয়নীয় বন্ধনের কোন নির্দিষ্ট অভিমুখ নাই। আয়নীয় আকর্ষণ সব অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

(f) আয়নীয় যৌগগুলি সাধারণত পোলার দ্রাবকে (যেমন, জল) দ্রাব্য এবং নন্ পোলার দ্রাবকে (যেমন C_6H_6, CCl_4) অদ্রাব্য।

(g) আয়নীয় যৌগে সমাবয়বতা (isomerism) দেখা যায় না। (একই আণবিক সঙ্কেতবিশিষ্ট কিন্তু ভিন্ন গঠন সঙ্কেতবিশিষ্ট যৌগকে সমাবয়ব যৌগ বলা হয়।)

(h) আয়নীয় যৌগের মধ্যে সমাকৃতিত্ব ধর্ম (isomorphism) দেখা যায়।

সমাকৃতিত্ব বলিতে বুঝায় একই কেলাস গঠন। Al_2O_3, Fe_2O_3 এবং Cr_2O_3-এর কেলাস গঠন একই। সুতরাং ইহারা পরস্পর সমাকৃতিসম্পন্ন কেলাস। অনুরূপভাবে K_2SO_4 এবং K_2SeO_4 সমাকৃতিসম্পন্ন কেলাস।

(i) আয়নীয় বন্ধন তুলনামূলকভাবে কম শক্তিশালী বলিয়া উহারা দুস্থিত। যেমন, জলীয় দ্রবণে আয়নীয় যৌগ আয়নে বিয়োজিত হয়।

3.15 সমযোজী যৌগের ধর্ম

(a) সমযোজী যৌগের অণুগুলির মধ্যে তড়িদাধান না থাকায় উহাদের মধ্যে আন্তরাণবিক আকর্ষণ তীব্র নহে। তাই সমযোজী যৌগগুলির অধিকাংশ হয় গ্যাসীয় অথবা তরল।

(b) সমযোজী যৌগগুলি সাধারণত জলীয় দ্রবণে অথবা বিশুদ্ধ অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণ করিতে পারে না।

(c) সমযোজী যৌগের অণুগুলির মধ্যে আন্তরাণবিক আকর্ষণ দুর্বল বলিয়া উহাদের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক তুলনামূলকভাবে কম।

(d) সমযোজী যৌগগুলি পোলার দ্রাবকে সাধারণত দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু নন্‌পোলার দ্রাবকে দ্রাব্য।

(e) সমযোজী বন্ধন শক্তিশালী বন্ধন বলিয়া সমযোজী যৌগগুলি সুস্থিত।

(f) সমযোজী বন্ধনগুলির নির্দিষ্ট অভিমুখ আছে। C পরমাণুর চারিটি সমযোজ্যতা 109°28′ কোণ করিয়া একটি সুষম চতুস্তলকের চারিটি কোণের অভিমুখী।

(g) সমযোজী যৌগে সমাবয়বতা দেখা যায়।

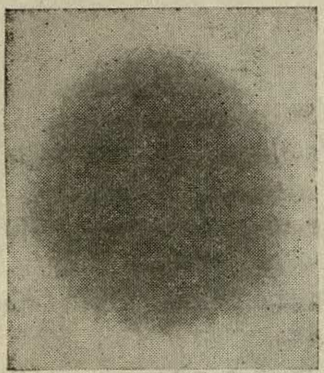
3.16 তড়িৎ-যোজী ও সমযোজী যৌগের ধর্মের তুলনা

তড়িৎ-যোজী যৌগ	সমযোজী যৌগ
1. সাধারণ উষ্ণতায় ইহারা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ।	সাধারণ উষ্ণতায় অনিয়তাকার কঠিন, তরল অথবা গ্যাসীয় পদার্থ।
2. উচ্চ গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট পদার্থ।	সাধারণত নিম্ন গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট পদার্থ।
3. জলীয় দ্রবণে অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণ করিতে সক্ষম।	যে-কোন অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণ করিতে অক্ষম।
4. সাধারণত পোলার দ্রাবকে দ্রাব্য এবং নন্‌পোলার দ্রাবকে অদ্রাব্য।	পোলার দ্রাবকে অদ্রাব্য কিন্তু নন্‌পোলার দ্রাবকে দ্রাব্য।
5. তড়িৎ-যোজী যৌগের ক্ষেত্রে সমাবয়বতা (isomerism) দেখা যায় না।	সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে সমাবয়বতা (isomerism) দেখা যায়।

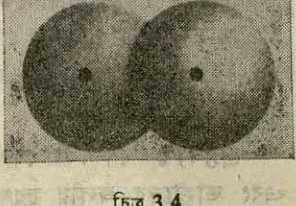
দ্রষ্টব্য : যে-সকল যৌগ সমযোজী অথচ তীব্র ধ্রুবীয় তাহারা জলে দ্রাব্য এবং তাহাদের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবহণ করিতে পারে। যেমন, HCl জলে দ্রাব্য এবং ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী।

3.17 পারমাণবিক অরবাইটাল এবং আণবিক অরবাইটাল (Atomic and Molecular Orbital)

ইলেকট্রন সম্বন্ধে আধুনিক ধারণা হইল উহার প্রকৃতি দুই রকম। কোন সময় উহা কণার (particle) ন্যায় ব্যবহার করে, আবার কোন সময় উহা শক্তি (energy) হিসাবে ব্যবহার করে। ইলেকট্রন যখন শক্তি হিসাবে ব্যবহার করে তখন উহা নিউক্লিয়াসের চারিধারে অল্প এবং নির্দিষ্ট স্থান ব্যাপিয়া বিস্তৃত অবস্থায় থাকে। ইহাকে বলা হয় 'ইলেকট্রন মেঘ' (Electron Cloud)। আবার ঋণাত্মক তড়িৎ আবৃত এই অঞ্চলকে বলা হয় অরবিটাল (Orbital) (চিত্র 3.3)। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, s উপকক্ষের ইলেকট্রন অরবাইটাল গোলাকার (spherical) p উপকক্ষের অরবাইটালের আকার ডাম্বেলের (Dumbel shaped) মত। p উপকক্ষের এইরূপ তিনটি অরবাইটাল পরস্পরের সহিত 90° কোণ করিয়া অবস্থান করিতেছে। ইহাদের যথাক্রমে p_x, p_y এবং p_z চিহ্ন দ্বারা সূচিত করা হয়। p_x, p_y এবং p_z এই তিনটি অরবাইটালের শক্তি এক। কেবল ইহারা বিভিন্নমুখী হইয়া অবস্থান করে। অরবাইটালে সব সময়ে দুইটি করিয়া ইলেকট্রন থাকে না। যেমন, অক্সিজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ এবং নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। দেখা যাইতেছে যে, অক্সিজেন পরমাণুর p_y এবং p_z অরবাইটালে দুইটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে এবং নাইট্রোজেন পরমাণুর p_x, p_y, p_z অরবাইটালে তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। এই বিজোড় ইলেকট্রনগুলি জোড় হইবার জন্য হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে H_2O ও NH_3 উৎপন্ন করে। এই সংযোগের সময় হাইড্রোজেনের s উপকক্ষের অরবাইটাল যথাক্রমে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অরবাইটাইলের প্রান্তে চাপিয়া যায়। ইহাকে বলা হয় উপরিপাতন বা অধিক্রমণ বা 'ওভারল্যাপিং' (Overlapping) (চিত্র 3.4)। সুতরাং একাধিক পরমাণু রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত হইবার সময় ইহাদের অরবাইটালগুলি পরস্পরের সহিত অধিক্রমণ সৃষ্টি করিয়া অণু সৃষ্টি করে। অধিক্রমণ হইবার পর উৎপন্ন অরবাইটালকে বলা হয় আণবিক অরবাইটাল। পারমাণবিক অরবাইটালের



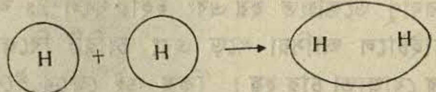
চিত্র 3.3



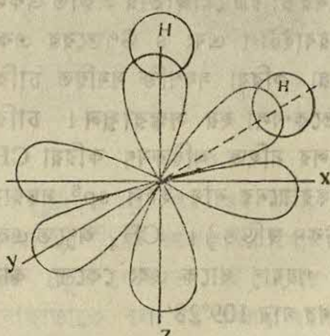
চিত্র 3.4

ক্ষেত্রে একটি কেন্দ্রকের চারিধারে ইলেকট্রন মেঘ থাকে। আণবিক অরবাইটালের ক্ষেত্রে একাধিক কেন্দ্রকের চারিধারে ইলেকট্রন মেঘ বর্তমান থাকে। নিম্নে কতকগুলি আণবিক অরবাইটালের গঠন দেখান হইল :

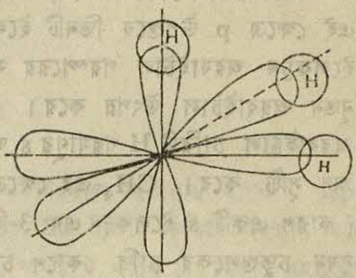
1. হাইড্রোজেন অণু গঠন



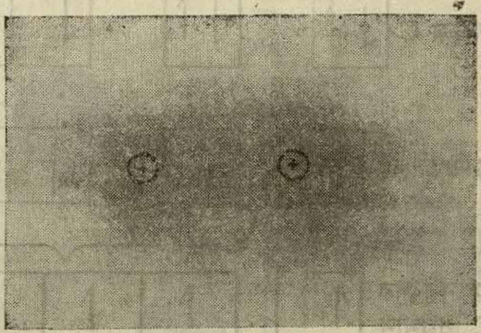
2. জলের অণু গঠন



3. NH_3 অণু গঠন



চিত্র 3.5-এ ইলেকট্রন মেঘের অধিক্রমণের সাহায্যে হাইড্রোজেন অণুর গঠন দেখান হইল :



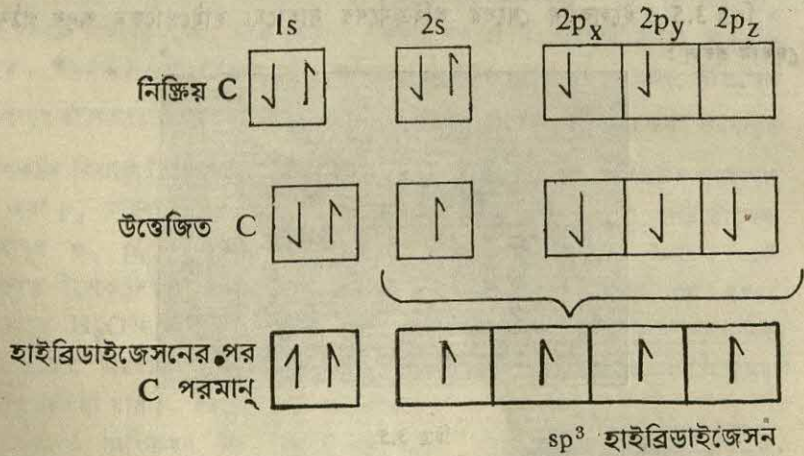
চিত্র 3.5

3.18 পারমাণবিক অরবাইটালের সঙ্করায়ন (Hybridisation of atomic orbital)

CH_4, C_2H_4 এবং C_2H_2 অণু লইয়া আলোচনা করিলে আলোচ্য বিষয়ে সম্যক ধারণা হইবে। C পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হইল $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$ । p

উপকক্ষে দুইটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। সুতরাং কার্বনের যোজ্যতা 2 হওয়া উচিৎ। কিন্তু CH_4-এ কার্বনের যোজ্যতা 4 এবং এই চারিটি যোজ্যতার প্রকৃতি অভিন্ন (Equivalent)। ইহা সঙ্করায়নের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। আমরা জানি দুইটি মৌল যুক্ত হইবার সময় শক্তি মুক্ত হয়। তাই বিক্রিয়াকালে মুক্ত শক্তির সাহায্যে কার্বন পরমাণু উত্তেজিত হয় এবং ইহার ফলে 2s অরবাইটালের একটি ইলেকট্রন p_z অরবাইটালে আসিয়া পড়ে এবং চারিটি বিজোড় ইলেকট্রন উদ্ভূত হয় বলিয়া কার্বনের যোজ্যতা চার হয়। কিন্তু এই ক্ষেত্রে ইলেকট্রনগুলির শক্তির পরিমাণ এক নয় বলিয়া বিভিন্ন প্রকৃতির অরবাইটাল সৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা।

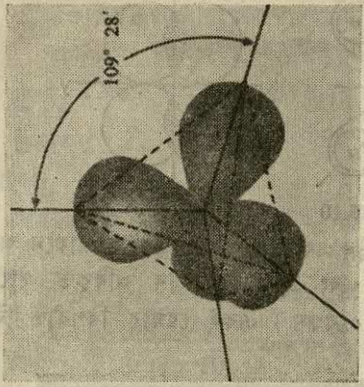
বাস্তব ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, CH_4-এ কার্বনের চারিটি যোজ্যতার প্রকৃতি একই। এই ক্ষেত্রে p উপস্তরে তিনটি ইলেকট্রন অরবাইটাল এবং s উপস্তরের একটি ইলেকট্রন অরবাইটাল পরস্পরের সহিত ক্রিয়া করিয়া সমশক্তি সমন্বিত চারিটি নূতন অরবাইটাল উৎপন্ন করে। এই পদ্ধতিকে বলা হয় **সঙ্করায়ন**। চারিটি অরবাইটাল চারিটি H পরমাণুর s অরবাইটালের সহিত অধিক্রমণ করিয়া CH_4 অণু সৃষ্টি করে। CH_4-এর ক্ষেত্রে এই সঙ্করায়নের নাম হইল sp^3 সঙ্করায়ন (কারণ একটি s ইলেকট্রন এবং 3-টি p ইলেট্রকন জড়িত)। CH_4 অণুতে একটি সুষম চতুস্তলকের চারি কোণে চারিটি H পরমাণু থাকে এবং কেন্দ্রে কার্বন পরমাণু থাকে। অরবাইটালগুলির মধ্যে কোণের মান 109°28′।



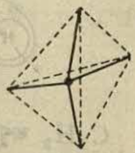
চিত্র 3.6

চিত্র 3.6-এ CH_4 গঠনের সময় C-পরমাণুর পারমাণবিক অরবাইটালগুলির সঙ্করায়নে কি ভাবে ঘটে তাহা দেখান হইল। চিত্র 3.7-এ CH_4 অণুর আণবিক অরবাইটালগুলির ত্রিমাত্রিক বিন্যাস দেখান হইল। চিত্র 3.8-এ একটি CH_4 অণুকে ত্রিমাত্রিক ভাবে দেখান হইল।

C_2H_4-এ C পরমাণুর একটি s অরবাইটাল এবং দুইটি p অরবাইটাল ($2p_x$

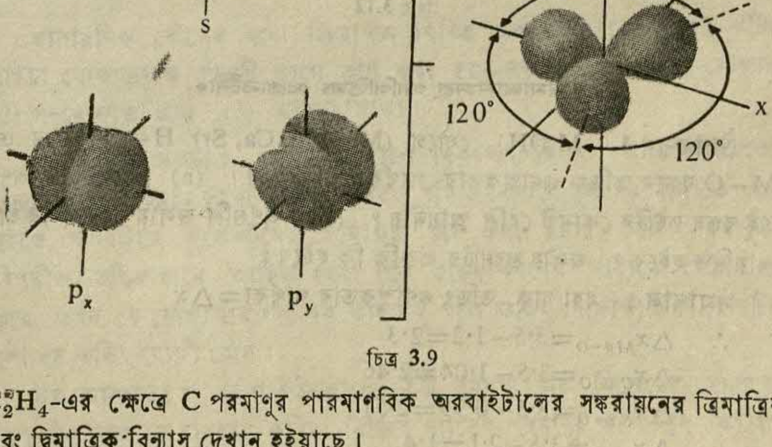


চিত্র 3.7



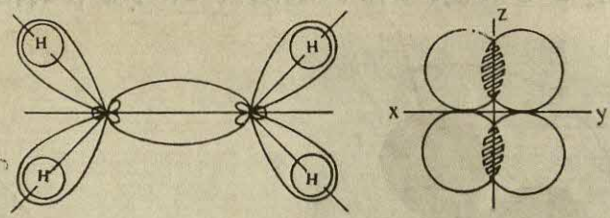
চিত্র 3.8

এবং $2p_y$) sp^2 সঙ্করায়ন ঘটায়। $2p_z$ অরবাইটাল অবিকৃত থাকে। sp^2 সঙ্করায়নে তিনটি সমপ্রকৃতির যোজ্যতা সমতলে 120° কোণ করিয়া অবস্থান করে এবং চতুর্থ যোজ্যতা এই তলের উপর লম্ব অবস্থায় থাকে। তিনটি সমতলীয় যোজ্যতাকে বলা হয় সিগমা বন্ধন বা σ-বন্ধন (σ-bond)। $2p_z$ হইতে উদ্ভূত যোজ্যতাকে বলা হয় পাই বন্ধন বা π-বন্ধন (π-bond)। চিত্র 3.9 এবং 3.10-এ



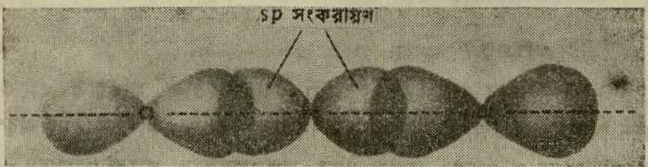
চিত্র 3.9

C_2H_4-এর ক্ষেত্রে C পরমাণুর পারমাণবিক অরবাইটালের সঙ্করায়নের ত্রিমাত্রিক এবং দ্বিমাত্রিক বিন্যাস দেখান হইয়াছে।



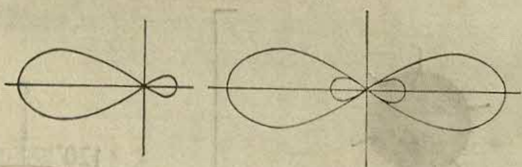
চিত্র 3.10

C_2H_2 অণুতে C-পরমাণুর 2s ইলেকট্রন এবং $2p_x$ ইলেকট্রন সঙ্করায়নে অংশ-গ্রহণ করিয়া sp সঙ্করায়ন ঘটায়। $2p_y$ এবং $2p_z$ ইলেকট্রন অবিকৃত থাকে। ইহার ফলে দুইটি সমপ্রকৃতির যোজ্যতা (σ-বন্ধন) একই রেখার বিপরীত দিকে



চিত্র 3.11

অবস্থান করে। $2p_y$ এবং $2p_z$ যোজ্যতা পরস্পর সমকোণে থাকিয়া sp যোজ্যতার উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। উহারা π বন্ধন সৃষ্টি করে (চিত্র 3.11, 3.12)।



চিত্র 3.12

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. $M(OH)_2$ যৌগে ($M=Mg, Ca, Sr$) $H-O$ বন্ধনে এবং $M-O$ বন্ধনে তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য গণনা কর। (a) প্রত্যেকটি অণুতে এই বন্ধন দুইটির কোন্‌টি বেশি আয়নীয়? (b) অণুগুলি জলীয় দ্রবণে কিভাবে আয়নিত হইবে? জলীয় দ্রবণটির প্রকৃতি কি হইবে?

সমাধান ঃ ধরা যাক্, তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য $=\Delta x$

$\therefore \quad \Delta x_{Mg-O}=3{\cdot}5-1{\cdot}2=2{\cdot}3$

$\Delta x_{Ca-O}=3{\cdot}5-1{\cdot}04=2{\cdot}46$

$\Delta x_{Sr-O}=3{\cdot}5-0{\cdot}99=2{\cdot}51$

$\Delta x_{O-H}=3{\cdot}5-2{\cdot}1=1{\cdot}4$

∴ সকল অণুর ক্ষেত্রে M—O বন্ধনটি অধিকতর ধ্রুবীয়।

∴ জলীয় দ্রবণে বিয়োজন নিম্নলিখিতভাবে ঘটিবে :

$$M(OH)_2 \rightarrow Mg^{++} + 2OH^-$$

সুতরাং, সকল দ্রবণের প্রকৃতি ক্ষারীয় হইবে।

উদাহরণ 2. HCl অণুর দৈর্ঘ্য $0{\cdot}22\times10^{-8}$ সেমি.। অণুটির ডাইপোল-মোমেন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান : $q=1{\cdot}6\times10^{-19}$ কুলম্ব,

$d=0{\cdot}22\times10^{-8}$ সেমি. $=2{\cdot}2\times10^{-11}$ মিটার

∴ $\mu=1{\cdot}6\times10^{-19}\times2{\cdot}2\times10^{-11}=3{\cdot}52\times10^{-30}$ কুলম্ব মিটার

$$=\frac{3{\cdot}52\times10^{-30}}{3{\cdot}33\times10^{-30}} \text{ ডিবাই} = 1{\cdot}06 \text{ ডিবাই}$$

উদাহরণ 3. NH_3 অণুর ডাইপোলমোমেন্ট 1·48 ডিবাই। ডাইপোলটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। NH_3 অণুটি কি সুষম ত্রিভুজাকার হইবে?

সমাধান : $\mu=1{\cdot}48$ ডিবাই $=1{\cdot}48\times3{\cdot}33\times10^{-30}$ কুলম্ব মিটার

$=4{\cdot}93\times10^{-30}$ কুলম্ব মিটার

$q=1{\cdot}60\times10^{-19}$ কুলম্ব

∴ দৈর্ঘ্য $d=\frac{4{\cdot}93\times10^{-30}}{1{\cdot}60\times10^{-19}}=3{\cdot}08\times11^{-11}$ মিটার

NH_3 সুষম ত্রিভুজাকার হইবে না, কারণ এই ক্ষেত্রে অণুটির ডাইপোলমোমেন্ট শূন্য হইবে। কিন্তু অঙ্কটিতে বলা হইয়াছে যে, উহার ডাইপোলমোমেন্টের মান 1·48 ডিবাই।

সার-সংক্ষেপ

রাসায়নিক যৌগের মধ্যে ক্রিয়াশীল বিভিন্ন প্রকার বন্ধনকে ব্যাখ্যা করিতে যাইয়া যোজ্যতাকে তিনটি ভাগে ভাগ করা হয়—যথা, (1) তড়িৎ-যোজ্যতা, (2) সমযোজ্যতা এবং (3) অসমযোজ্যতা।

তড়িৎ-যোজ্যতা : যৌগ গঠনকালে নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করিবার উদ্দেশ্যে দুইটি পরমাণু যদি এমনভাবে যুক্ত হয় যাহাতে একটি হইতে অপরটিতে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে এবং ইহার ফলে পরমাণুগুলি বিপরীত তড়িদাধানে আহিত হইয়া স্থির তড়িদাকর্ষণের সাহায্যে যৌগ গঠন করে, তখন যে-যোজ্যতার সৃষ্টি হয় তাহাকে বলে তড়িৎ-যোজ্যতা এবং যৌগটিকে বলা হয় তড়িৎ-যোজী যৌগ।

সমযোজ্যতা : যৌগ গঠনকালে দুইটি পরমাণু যদি নিজেদের সমসংখ্যক ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহার করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন কাঠামো

প্রাপ্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, তখন যে-যোজ্যতার সৃষ্টি হয় তাহাকে সমযোজ্যতা বলে এবং উৎপন্ন যৌগকে সমযোজী যৌগ বলা হয়।

অসমযোজ্যতা ঃ যে-রাসায়নিক বন্ধনে তুইটি পরমাণুর মধ্যে সমভাবে ব্যবহৃত ইলেকট্রনযুগল উহাদের একটি হইতে প্রদত্ত হইয়া সমভাবে ব্যবহৃত হয় সেই যোজ্যতাকে অসমযোজ্যতা বলে এবং এইরূপ রাসায়নিক বন্ধনকে অসমযোজী বন্ধন বলা হয়। যে-পরমাণু ইলেকট্রনযুগল দান করে তাহাকে দাতা পরমাণু এবং অপর পরমাণুটিকে গ্রহীতা পরমাণু বলে।

তড়িৎ ঋণাত্মকতা বা অপরাতড়িৎ-ধর্মিতা ঃ কোন মৌলের ইলেকট্রন আকর্ষণের ক্ষমতাকে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলে। অন্যভাবে বলিতে গেলে যৌগ অণুতে অবস্থিত কোন মৌলিক পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন আকর্ষণের ক্ষমতাকে উহার তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলা হয়।

আয়নীভবন বিভব এবং মৌলের ইলেকট্রন প্রীতি ঃ একটি মৌলিক পরমাণু হইতে একটি যোজ্যতা ইলেকট্রন দূরীভূত করিয়া পরাতড়িৎগ্রস্ত আয়ন উৎপন্ন করিতে যে-পরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করিতে হয় তাহাকে বলা হয় মৌলটির আয়নীভবন বিভব। পক্ষান্তরে একটি পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন যুক্ত করিলে যে-পরিমাণ শক্তি মুক্ত হয় তাহা মৌলটির ইলেকট্রন প্রীতি। সুতরাং কোন মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পরিমাপ হইল উহার ইলেকট্রন প্রীতি।

রাসায়নিক বন্ধনের ধ্রুবীয়তা বা পোলারিটি এবং দ্বিমেরু ভ্রামক বা ডাইপোলমোমেণ্ট ঃ ভিন্ন তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্মবিশিষ্ট তুই বা ততোধিক মৌলিক পরমাণুর দ্বারা গঠিত যৌগ অণুর বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রনের অবস্থানের তারতম্য হেতু যৌগ অণুটির পরমাণুতে পরা এবং অপরা তড়িদাধানের উৎপত্তি হয়। এই সকল যৌগ অণুকে পোলার অণু বা ধ্রুবীয় অণু বলা হয়। কোন অণুতে বন্ধনীর ধ্রুবীয়তা বা পোলারিটি ডাইপোলমোমেণ্ট বা দ্বিমেরু ভ্রামকের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

ডাইপোলমোমেণ্ট বা দ্বিমেরু ভ্রামক ঃ পোলার অণুতে তুইটি মৌলিক পরমাণুর মধ্যে যে-দূরত্ব থাকে তাহাকে যে-কোন একটি পরমাণুতে উৎপন্ন আধানের সংখ্যা মান দ্বারা গুণ করিয়া যাহা পাওয়া যায় তাহাকে ডাইপোলমোমেণ্ট বা দ্বিমেরু ভ্রামক বলা হয়। ইহাকে μ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহার একক ডিবাই।

হাইড্রোজেন বন্ধন ঃ কতকগুলি হাইড্রোজেন-ঘটিত যৌগে উপাদান পরমাণুগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতার ব্যবধান অধিক হওয়ার ফলে অণুগুলি তীব্রভাবে ধ্রুবীয় হয় এবং অণুতে উপস্থিত অপরাতড়িৎগ্রস্ত পরমাণু পরাতড়িৎগ্রস্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একটি তুর্বল রাসায়নিক বন্ধনের ন্যায় বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া একাধিক অণু পরস্পর যুক্ত অবস্থায় থাকে। এইরূপ বন্ধনকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলে।

যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের অসম্পূর্ণতা ঃ (a) কতকগুলি যৌগ অণুতে উপাদান মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষে অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকে। যথা, NO, NO_2, ClO_2। (b) কতকগুলি যৌগ অণুতে উপাদান মৌলের বহিঃকক্ষ অপূর্ণ থাকে। যথা, BF_3। (c) কোন কোন যৌগ অণুতে উপাদান মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষে আটের অধিক ইলেকট্রন থাকিতে দেখা যায়। যথা, PCl_5, SF_6 ইত্যাদি। (d) যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুসারে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কোন যৌগ থাকার কথা নয়, কিন্তু বর্তমানে Ar, Kr, Xe, He প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির যৌগ আবিষ্কৃত হইয়াছে। যথা, XeF_4; $HgHe_{10}$; Ar, $8BF_3$ ইত্যাদি।

অনুনাদ বা রেসোন্যান্স ঃ একটি অণুর বিভিন্ন ইলেকট্রন কাঠামো সম্ভবপর হইলে অণুটির সঠিক ইলেকট্রন কাঠামো এমন একটি ইলেকট্রন কাঠামো হইবে যাহাতে প্রত্যেকটি গঠন কাঠামোর প্রভাব বর্তমান। প্রকৃত গঠন কাঠামোটিকে সঠিকভাবে প্রকাশ করা সম্ভব নহে। এই গঠন কাঠামোটির নাম রেসোন্যান্স হাইব্রিড বা অনুনাদী সংকর এবং এই ঘটনার নাম রেসোন্যান্স বা অনুনাদ।

তড়িৎ-যোজী যৌগের ধর্ম ঃ (a) কেলাসাকার কঠিন পদার্থ, (b) দ্বিমেরু ভ্রামকের মান বেশি, (c) গলিত অবস্থায় অথবা জলীয় দ্রবণে তড়িতের পরিবাহী, (d) উচ্চ গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট, (e) আয়নীয় বন্ধন সব অভিমুখেই ক্রিয়াশীল, (f) পোলার দ্রাবকে দ্রাব্য এবং নন্-পোলার দ্রাবকে অদ্রাব্য, (g) সমাবয়বতা দেখা যায় না, (h) সমাকৃতিত্ব ধর্ম দেখা যায়, (i) বন্ধন দুস্থিত।

সমযোজী যৌগের ধর্ম ঃ (a) সাধারণত গ্যাসীয় অথবা তরল, (b) বিশুদ্ধ অবস্থায় অথবা জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-পরিবহণে অক্ষম, (c) গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক কম, (d) পোলার দ্রাবকে অদ্রাব্য, নন্-পোলার দ্রাবকে দ্রাব্য, (e) সমযোজী যৌগগুলি সুস্থিত, (f) বন্ধনগুলি নির্দিষ্ট অভিমুখে সজ্জিত বলিয়া যৌগের মধ্যে সমাবয়বতা দেখা যায়।

তড়িৎ-যোজী ও সমযোজী যৌগের তুলনা।

পারমাণবিক অরবাইটাল এবং আণবিক অরবাইটাল ঃ পরমাণুর কেন্দ্রকের চারিধারে ঋণাত্মক তড়িদাবৃত অঞ্চলকে পারমাণবিক অরবাইটাল বলা হয়। একাধিক পারমাণবিক অরবাইটাল অধিক্রমণ করিয়া অণু সৃষ্টি করে। ইহার ফলে যে-অরবাইটাল সৃষ্টি হয় তাহাকে আণবিক অরবাইটাল বলে।

পারমাণবিক অরবাইটালের সঙ্করায়ন ঃ বিভিন্ন শক্তি-সমন্বিত পারমাণবিক অরবাইটাল পরস্পরের সহিত ক্রিয়া করিয়া সমশক্তি-সমন্বিত আণবিক অরবাইটাল সৃষ্টি করিলে উহাকে পারমাণবিক অরবাইটালের সঙ্করায়ন বলা হয়। sp^3, sp^2, sp বিভিন্ন সঙ্করায়নের উদাহরণ।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ইহার ত্রুটিগুলি লইয়া আলোচনা কর।

2. যৌগের মধ্যে কয়প্রকার যোজ্যতা বর্তমান থাকিতে পারে? ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের সাহায্যে প্রত্যেক প্রকারের যোজ্যতাকে ব্যাখ্যা কর।

3. তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলিতে কি বুঝ? তড়িৎ ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা দাও। তড়িৎ ঋণাত্মকতা এবং মৌলের ইলেকট্রন প্রীতির মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর।

4. আয়নীভবন বিভব বলিতে কি বুঝ? আয়নীভবন বিভব, তড়িৎ ঋণাত্মকতা এবং ইলেকট্রন প্রীতির পারস্পরিক সম্পর্ক আলোচনা কর।

5. রাসায়নিক বন্ধনের ধ্রুবীয়তা বা পোলারিটি বলিতে কি বুঝ? ইহার উৎপত্তির কারণ কি? দ্বিমেরু ভ্রামক বা ডাইপোলমোমেন্ট কি? কয়েকটি কৌণিক অণুর ক্ষেত্রে ডাইপোলমোমেন্ট লক্ষ্য করা যায়, আবার কয়েকটি কৌণিক অণুর ক্ষেত্রে ইহার সাক্ষাৎ ঘটে না—ইহার কারণ কি? CO_2-এর ডাইপোলমোমেন্ট নাই কিন্তু SO_2-এর ডাইপোলমোমেন্ট বর্তমান কেন? [Tripura H. S. '85; H. S. '83] সকল সমযোজী যৌগ কি অধ্রুবীয়? [H. S. 1979]

6. হাইড্রোজেন বন্ধন কাহাকে বলে? [H. S. '80] ইহার উৎপত্তির কারণ ব্যাখ্যা কর। সাধারণ তাপমাত্রায় H_2O তরল কিন্তু H_2S গ্যাস কেন? [I.I.T. '78 Tripura '84, J. E. '83] HF একক্ষারকীয় অ্যাসিড হইলেও ইহার অ্যাসিড লবণ পাওয়া যায় কেন?

7. ব্যাখ্যা কর: (a) আয়নীয় যৌগগুলিতে কোন প্রকৃত বন্ধনী নাই। [H. S. '85] (b) বরফকে গলাইলে আয়তন সঙ্কোচন হয় কেন? (c) ইথার অপেক্ষা অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক বেশি কেন? [H. S. '82, '85] (d) PH_3 অপেক্ষা NH_3-কে সহজে তরলীভূত করা যায় কেন? (e) অনার্দ্র তরল HCl তড়িৎ-পরিবহণ করিতে অক্ষম কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। [H. S. 1984]

8. রেসোন্যান্স বলিতে কি বুঝ? তড়িৎ-যোজী যৌগ এবং সমযোজী যৌগের একটি তুলনামূলক আলোচনা লিখ। [Tripura '86, H. S. '83, '85]

9. পারমাণবিক অরবাইটাল এবং আণবিক অরবাইটাল বলিতে কি বুঝ? পারমাণবিক অরবাইটালের সঙ্করায়ন কি? sp^3, sp^2 এবং sp সঙ্করায়ন কি? sp^3, sp^2 এবং sp সঙ্করায়নের কৌশল বর্ণনা কর।

10. টীকা লিখ:

(a) তড়িৎ-যোজ্যতা (H. S. 1983), (b) সমযোজ্যতা (Tripura, 1983), (c) অসমযোজ্যতা (Tripura, 1985), (d) তড়িৎ ঋণাত্মকতা, (e) আয়নী-

ভবন বিভব, (f) মৌলের ইলেকট্রন প্রীতি, (g) ধ্রুবীয় অণু এবং দ্বিমেরু ভ্রামক, (h) হাইড্রোজেন বন্ধন (H. S. 1980, '81, Tripura, 1985), (i) অনুনাদ, (j) পারমাণবিক অরবাইটাল, (k) আণবিক অরবাইটাল, (l) পারমাণবিক অরবাইটালের সঙ্করায়ন, (m) sp^3, sp^2 এবং sp সঙ্করায়ন।

11. কারণসহ নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলি সঠিক কি না বল :

(a) CO_2 গ্যাসীয় কিন্তু SiO_2 উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট কঠিন (Tripura 1985, J. E. 1983), (b) NaCl একটি সমযোজী যৌগ, (c) A এবং B ভিন্ন মৌল হইলে AB অণু ধ্রুবীয় হইবে, (d) কেবলমাত্র তড়িৎ-যোজী যৌগের ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব, সমযোজীর ক্ষেত্রে নহে। (e) NaCl জল অপেক্ষা HCl দ্রবণে অধিক দ্রাব্য (H. S. 1978), (f) N_2 ও H_2O-এর মধ্যে H_2O ধ্রুবীয় ? (H. S. 1980) (g) সকল সমযোজী যৌগ অধ্রুবীয় (H. S. 1979)।

12. NH_3 ও NH_4^+-এ কি কি যোজ্যতা বর্তমান। (Tripura 1984) উহাদের চরিত্র বর্ণনা কর। O_2 এবং H_2O অণুর কোন্‌টি ধ্রুবীয় এবং কেন ? মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা কি ? HCl এবং CH_3COOH দ্রবণের তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা আলাদা কেন ? [H. S. 1980]

13. আয়নীয় বন্ধন কাহাকে বলে ? উহার বিশেষত্ব কি কি ? উহার সহিত সমযোজী বন্ধনের পার্থক্য কোথায় ? (J. E. 1983) S ও O একই শ্রেণীর মৌল হইলেও প্রথমটির হাইড্রাইড গ্যাস ও দ্বিতীয়টির হাইড্রাইড তরল কেন ? [H. S. 1983]

14. (a) নিম্নলিখিত যৌগগুলির ক্ষেত্রে কি ধরনের বন্ধনী আছে বল :

MgO, Cl_2O, Ca_3N_2, HBr

(b) নিম্নলিখিত যৌগগুলির ক্ষেত্রে কোন্‌টি ধ্রুবীয় এবং কোন্‌টি অধ্রুবীয় বল :

SO_2, CO_2, N_2O, H_2O

(c) পরমাণু অপেক্ষা আয়ন সুস্থিত কেন ? [H. S. 1985]

15. তড়িৎ-যোজী যৌগের বৈশিষ্ট্য কি কি ? NH_3 এবং H_2S অণুর ইলেকট্রন কাঠামো লিখ। হাইড্রোজেন বন্ধন বলিতে কি বুঝ ? (Tripura, 1982) NaCl-এর দ্রবণ তড়িৎ-পরিবহণ করে কিন্তু চিনির দ্রবণ তড়িৎ-পরিবহণ করে না কেন ? [Tripura 1983]

16. তড়িৎ-যোজ্যতা, সমযোজ্যতা এবং অসমযোজ্যতা বলিতে কি বুঝ ? তড়িৎ-যোজী যৌগ এবং সমযোজী যৌগের ধর্মের মধ্যে তুলনা কর। (J. E. 1979) অক্সিজেন উপশ্রেণীর হাইড্রাইডের মধ্যে জলের স্ফুটনাঙ্ক সর্বোচ্চ কেন ? [J. E. '80]

17. (a) ব্যাখ্যা কর :

(i) বিশুদ্ধ তরল HCl এবং বিশুদ্ধ H_2O তড়িৎ-পরিবহণ করিতে প্রায় অক্ষম হইলেও HCl-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবহণ করিতে পারে। (ii) Na^+ জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। [J. E. 1981]

(b) অসমযোজ্যতা বলিতে কি বুঝ? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। সমযোজ্যতার সহিত অসমযোজ্যতার প্রভেদ কোথায়? [J. E. 1982]

(c) (i) নন্‌পোলার বা অধ্রুবীয় দ্রাবকে অধ্রুবীয় দ্রাব দ্রবীভূত হয় অপরপক্ষে পোলার বা ধ্রুবীয় দ্রাবকে ধ্রুবীয় দ্রাব দ্রবীভূত হয় কেন ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1982] CO_2 অণুর কোন দ্বিমেরু-ভ্রামক নাই কিন্তু জলের দ্বিমেরু ভ্রামক বর্তমান কেন? [J. E. 1984]

(ii) CO_2 এবং N_2O দুইটিই রৈখিক অণু তথাপি N_2O ধ্রুবীয় কিন্তু CO_2 ধ্রুবীয় নহে কেন? [J. E. 1982]

18. হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলিকে ক্রমবর্ধমান স্ফুটনাঙ্ক অনুসারে এবং ক্রমবর্ধমান ধ্রুবীয়তা অনুসারে সাজাও। [J. E. 1983]

19. (a) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অম্লের দ্রবণ অপেক্ষা বিশুদ্ধ জলে AgCl বেশি দ্রবণীয় কেন ব্যাখ্যা কর।

(b) $CHCl_3$ ও CCl_4 অণু দুইটির মধ্যে কোন্‌টি ধ্রুবীয় এবং কেন? [H. S. 1986]

20. ধাতব আয়নের ক্ষেত্রে অসমযোজ্যতা পরিলক্ষিত হয় কেন? এই রকমের একটি যৌগের উদাহরণ দাও। BF_3, H_2S, NH_3, CO_2-এর মধ্যে কোন্‌গুলি ধ্রুবীয়? B–Cl, Ba–Cl, Br–Cl, Cl–Cl,—এইগুলিকে ক্রমহ্রাসমান ধ্রুবীয়তা অনুসারে সাজাও। K_2O, Mg_3N_2, Cl_2O, HCl (গ্যাস)—এইগুলিতে অবস্থিত বন্ধনের প্রকৃতি কি? [H. S. 1985]

21. বিশুদ্ধ HCl এবং H_2O জলের কুপরিবাহী কিন্তু HCl-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—ব্যাখ্যা কর। ধাতুর ক্যাটায়নগুলি লুইস অ্যাসিড—ব্যাখ্যা কর। N_2H_4, $POCl_3$-এর মধ্যস্থিত রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি কি? বন্ধনগুলি ইলেকট্রন বিন্দু সহযোগে সঙ্কেত দ্বারা দেখাও। [J. E. 1986]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. A, B, C, D এবং E মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস নিয়ে দেওয়া হইল: (a) A এবং D, (b) B এবং D, (c) কেবলমাত্র D, (d) কেবলমাত্র E আছে এই রকম পদার্থগুলির স্থূল সঙ্কেত কি হইবে?

$A - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, $B - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, $C - 1s^2 2s^2 2p^1$

$D - 1s^2 2s^2 2p^5$, $E - 1s^2 2s^2 2p^6$

2. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কঠিন অবস্থায় আছে, যথা—

(a) CH_4 (b) $CsCl_2$ (c) Ge (d) Li (e) Ar (f) H_2O।

(i) ইহাদের মধ্যে উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট কঠিন কোন্‌টি?

(ii) তড়িৎ অপরিবাহী কঠিন কিন্তু গলিত অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণ করিতে সক্ষম কোন্‌টি?

(iii) উচ্চ তাপ ও তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতাসম্পন্ন কোন্‌টি ?

(iv) নিম্ন গলনাঙ্কবিশিষ্ট কঠিন কোন্‌টি ?

(v) কোন্‌টির মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন বর্তমান ?

3. নিম্নলিখিত অণুগুলির মধ্যে কোন্‌টির ডাইপোলমোমেন্ট আছে, কোন্‌টির নাই :

(i) Cl_2 (ii) H_2O (iii) CO_2 (iv) H_2S (v) CCl_4 (vi) O_2

4. একটি মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 12। উহার যে-কোন যৌগে মৌলটির যোজ্যতা (i) +1, (ii) +2, (iii) −1, (iv) −2—কোন্‌টি সঠিক ?

5. P-এর পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হইতে 3 যোজ্যতাযুক্ত P-এর ব্যাখ্যা সম্ভব কিন্তু 5 যোজ্যতাযুক্ত P কিভাবে সম্ভব ?

6. কোন্‌টি সঠিক উত্তর :

(a) CO-এ C-এর সমযোজ্যতা (i) 2 (ii) 3 (iii) 4।

(b) HF এবং SF_4-এর মধ্যে বিক্রিয়া সম্ভব কি ? (i) হাঁ (ii) না।

(c) BF_3 এবং NF_3 অণুর জ্যামিতিক আকার কি অভিন্ন ? (i) হাঁ (ii) না।

(d) BF_3 এবং NH_3 অণুর মধ্যে (i) BF_3-এর ডাইপোলমোমেন্ট বেশি, (ii) NH_3-এর ডাইপোলমোমেন্ট বেশি, (iii) উভয়ের ডাইপোলমোমেন্ট সমান।

(e) CO_2 অণুতে কার্বনের পারমাণবিক অরবাইটালের কোন্ সঙ্করায়ন ঘটে ? (i) sp (ii) sp^2 (iii) sp^3 (iv) কোনও সঙ্করায়ন ঘটে না।

(f) যৌগ অণুতে পোলারিটি উৎপন্ন করিবার ক্ষমতা কোন্ আয়নের বেশি ? (i) Na^+ (ii) Ca^{2+} (iii) Mg^{2+} (iv) Al^{+3}

(g) SrF_2 এবং PbF_2-এর মধ্যে কোন্‌টির গলনাঙ্ক বেশি—(i) SrF_2 (ii) PbF_2 (iii) উহাদের গলনাঙ্ক সমান।

(h) উত্তপ্ত করিলে $MgCO_3$ এবং $ZnCO_3$-এর মধ্যে কোন্‌টি আগে বিয়োজিত হইবে—(a) $MgCO_3$ (b) $ZnCO_3$।

(i) যৌগ মধ্যে পোলারিটির উৎপন্ন করিবার ক্ষমতা কোন্‌টির বেশি (a) Ca^{++} (ii) Cd^{++} (b) উহাদের পোলারিটি উৎপন্ন করিবার ক্ষমতা সমান।

7. F এবং Cl-এর আয়নয়ন শক্তি যথাক্রমে 17·4 এবং 13·0 ইলেকট্রন ভোল্ট। পক্ষান্তরে উহাদের ইলেকট্রন প্রীতি 3·45 এবং 3·61 ইলেকট্রন ভোল্ট। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টির আয়নীয় বন্ধন গঠনের প্রবণতা বেশি ?

8. HCl, H_2, Cl_2-এর মধ্যে রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি কি ?

9. সারণীর সাহায্য লইয়া, K−Cl, Ca−Cl, Fe−Cl বন্ধনগুলির মধ্যে কোন্‌টি অধিকতর আয়নীয় হইবে বল।

10. NCl_3, CS_2, ICl_5, NF_3, OF_2, ClF এবং CO_2-এর মধ্যে রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি কি হইবে ?

11. $CHCl_3$-এর ইলেকট্রন গঠন লিখ এবং বল ইহার মধ্যস্থিত কোন্ বন্ধনটি অধিকতর ধ্রুবীয়।

12. H–O, O–X (X=Cl, Br, অথবা I) বন্ধন দুইটির তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য গণনা করিয়া বল—(i) কোন্ বন্ধনটি অধিকতর আয়নীয়? (ii) উহারা জলে কিভাবে বিয়োজিত হইবে?

13. HF, HCl, HBr, HI—এই অণুগুলিতে বন্ধন শক্তি কিভাবে পরিবর্তিত হয়?

14. CH_4, NH_3 এবং NH_4^+-এর গঠন সঙ্কেত লিখ। CH_5^+, NH_5^{2+} আয়নগুলির প্রকৃতিতে অবস্থান সম্ভব কি?

15. Be_2 এবং Ne_2 প্রকৃতিতে অবস্থান করে না কেন?

16. SO_2-এর ডাইপোলমোমেন্ট 1·61D এবং CO_2-এর ডাইপোলমোমেন্ট 0। O–S–O এবং O–C–O কোণ কি সমান? তোমার উত্তরের সপক্ষে কারণ দেখাও।

17. CH_4, C_2H_4, C_2H_2-এর মধ্যে পারমাণবিক অরবাইটালের সঙ্করায়নের প্রকৃতি কি?

18. PCl_3, SiH_4, PH_3, CH_2Cl_2 যৌগগুলির অণুর ইলেকট্রন গঠন কাঠামো লিখ।

19. Li_2O, KCl, MgO, Na_2S—যৌগগুলি তড়িৎ-যোজী যৌগ। ইহাদের গঠনের সময় উপাদান পরমাণুগুলির ইলেকট্রনের সজ্জার যে-পরিবর্তন হয় তাহা দেখাও।

20. NH_3 এবং অক্সিজেন পরমাণুর অসমযোজ্যতায় অংশ গ্রহণের প্রবণতা বেশি কেন? NH_3 হইতে NH_4^+-এর গঠন এবং PCl_3 হইতে $POCl_3$-এর গঠন কিভাবে বুঝান যায়? PCl_3 এবং $POCl_3$-এর মধ্যে কোন্ ভৌতধর্মের পরিবর্তন লক্ষণীয়। PCl_3 এবং KCl-এর মধ্যে কি কি ভৌত ধর্মের পার্থক্য লক্ষণীয়?

21. নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির ইলেকট্রন বিন্যাসের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

22. (a) নিম্নলিখিত আয়নগুলিকে ক্রমহ্রাসমান আয়তন অনুসারে সাজাও: Mg^{2+}, O^{2-}, Na^+, F^-

(b) বেঞ্জিন অণুতে কয়টি π-বন্ধন এবং কয়টি σ-বন্ধন বর্তমান? [I.I.T. '85]

23. কোন্‌টি সঠিক বল:

(a) s এবং p অরবাইটালের সঙ্করায়নের ফলে (i) দুইটি অরবাইটাল উৎপন্ন হয় যাহারা পরস্পরের সহিত 90° কোণ উৎপন্ন করে, (ii) দুইটি অরবাইটাল উৎপন্ন হয় যাহারা 180° কোণ উৎপন্ন করে, (iii) চতুস্তলকের চারিটি কোণ অভিমুখী চারিটি অরবাইটাল উৎপন্ন করে, (iv) সমতলীয় তিনটি অরবাইটাল উৎপন্ন করে।

[I. I. T. 1984]

(b) যে-কোন p অরবাইটালে সর্বোচ্চ (i) 4-টি ইলেকট্রন, (ii) 6-টি ইলেকট্রন, (iii) সম স্পিন সম্পন্ন 2-টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে। [I. I. T. 1983]

(c) CCl_4-এর কোন ডাইপোলমোমেন্ট নাই, কারণ—(i) ইহার আণবিক গঠন সমতলীয়, (ii) ইহার আণবিক গঠন সুষম চতুস্তলকীয়, (iii) কার্বন এবং ক্লোরিন পরমাণুর পারমাণবিক আয়তন সমান, (iv) কার্বন এবং ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন প্রীতি সমান। [I. I. T. 1983]

(d) নিম্নলিখিত কোন্‌টির মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন নাই :

(i) ফেনল, (ii) তরল NH_3, (iii) জল, (iv) তরল HCl। [I. I. T. '84]

(e) $CuSO_4, 5H_2O$-এর মধ্যে বর্তমান রাসায়নিক বন্ধন (i) কেবলমাত্র আয়নীয় এবং সমযোজী বন্ধন, (ii) আয়নীয় এবং অসমযোজী বন্ধন, (iii) আয়নীয় সমযোজী এবং অসমযোজী বন্ধন, (iv) সমযোজী এবং অসমযোজী বন্ধন।

[I. I. T. 1983]

(f) সবচেয়ে বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল হইল (i) O_2, (ii) Na, (iii) F_2, (iv) I_2। [I. I. T. 1981]

24. সঠিক কিনা বল :

(a) দুইটি p অরবাইটাল রৈখিকভাবে উপরিপাতিত হইলে σ-বন্ধনের সৃষ্টি হয়। [I. I. T. 1981]

(b) শূন্যস্থান পূরণ কর :

— — — — যৌগে sp এবং sp^2 সঙ্করায়ন ঘটে। [I. I. T. 1981]

(c) নিম্নলিখিত পদার্থগুলির কোন্‌টি সমযোজী ?

H_2, CaO, KCl, Na_2S [I. I. T. 1980]

(d) X মৌলটি তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক এবং Y মৌলটি তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক। উভয়ই একযোজী। মৌল দুইটি যে-যৌগ উৎপন্ন করিবে তাহা X^+Y^-, X^-Y^+, $X-Y$, $X\rightarrow Y$—কোন্‌টি সঠিক ? [I. I. T. 1980]

(e) N_2-এর মধ্যে বন্ধনে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা

(i) 2 (ii) 4 (iii) 6 (iv) 10—কোন্‌টি সঠিক ? [I. I. T. 1980]

(f) নিম্নলিখিত অণুগুলির ক্ষেত্রে অষ্টক পূর্তি কোন্‌টির পক্ষে প্রযোজ্য নয় ?

(i) CO_2 (ii) H_2O (iii) O_2 (iv) CO [I. I. T. 1979]

(g) নিম্নলিখিত পদার্থগুলির মধ্যে কোন্‌টিতে আয়নীয় এবং কোন্‌টিতে সমযোজী বন্ধন বর্তমান ?

(i) CH_4 (ii) H_2 (iii) KCN (iv) KCl [I. I. T. 1979]

(h) নিম্নলিখিত যৌগগুলির ক্ষেত্রে কোন্‌টিতে আয়নীয় এবং কোন্‌টিতে সমযোজ্যতা বর্তমান ? (i) MgF_2 (ii) BrCl (iii) CBr_4 (iv) C_2N_2 (v) CuS (vi) PH_3 [I. I. T. 1978]

25. $BeCl_2$ অণুতে কি প্রকারের সঙ্করায়ন বর্তমান ?

(i) sp^3 (ii) sp^2 (iii) sp (iv) d^2sp^3

26. একই প্রকার দুইটি অধাতব পরমাণুর মধ্যে বন্ধন

(i) সমযোজী (ii) ধ্রুবীয় (iii) তড়িৎ-যোজী (iv) বন্ধন ইলেকট্রন-গুলির স্পিন অভিন্ন—কোন্‌টি সঠিক ?

27. নিম্নলিখিত উদাহরণগুলির মধ্যে কোন্‌টির হাইড্রোজেন বন্ধনী সবচেয়ে শক্তিশালী ?

(i) O—H······S ; (ii) S—H······O ; (iii) F—H······F ; (iv) F—H······O।

28. N_2O_5 অণুর মধ্যে অবস্থিত রাসায়নিক বন্ধনী প্রকৃতি কি

(i) কেবল তড়িৎ-যোজী ; (ii) সমযোজী এবং অসমযোজী ; (iii) কেবল সমযোজী ; (iv) সমযোজী এবং তড়িৎ-যোজী।

29. কোন্ অণুগুলির গঠন সঙ্কেত CO_2 অণুর গঠন সঙ্কেতের মত ?

(i) $HgCl_2$; (ii) $SnCl_2$; (iii) C_2H_2 ; (iv) NO_2

30. নিম্নলিখিত অণুগুলিকে ক্রমবর্ধমান বন্ধনশক্তি অনুসারে সাজাও :

HCl, HBr, HF, HI

31. $BeCl_2$-এর ডাইপোলমোমেন্ট নাই কিন্তু H_2S-এর ডাইপোলমোমেন্ট বর্তমান কেন ?

32. Cl_2, HCl, CCl_4, NaCl যৌগগুলির গলনাঙ্ক সম্বন্ধে তোমার ধারণা কি ? তোমার ধারণার সপক্ষে যুক্তি দাও।

33. Cl^- আয়নের সহিত আইসো-ইলেকট্রনিক এমন দুইটি আয়নের উদাহরণ দাও। এই আয়ন দুইটির ধর্ম Cl^- আয়নের ধর্মের সদৃশ হইবে না কেন ?

34. নিম্নলিখিত রাসায়নিক বন্ধনগুলিকে ক্রমবর্ধমান সুস্থিতি অনুসারে সাজাও :

F—Cl, F—N, F—H, F—Cs

35. জলীয় দ্রবণে HF দুর্বল অ্যাসিড কেন ?

36. কক্ষ এবং কক্ষকের মধ্যে পার্থক্য কি ?

37. PCl_3 সমযোজী যৌগ হইলেও ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবহণ করিতে সক্ষম কেন ?

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. K—Cl, Ca—Cl, Fe—Cl এবং Ge—Cl রাসায়নিক বন্ধনগুলির মধ্যস্থিত তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য গণনা কর। এই বন্ধনগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা আয়নীয় কোন্‌টি ?

2. H—O বন্ধন এবং O—As বন্ধনের মধ্যস্থিত তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য গণনা কর। এই বন্ধন দুইটির মধ্যে কোন্‌টি অধিকতর ধ্রুবীয় ? $As(OH)_3$ কোন্ শ্রেণীর হাইড্রক্সাইড ?

3. HCN অণুর ডাইপোলামোমেন্ট 2·9 ডিবাই। অণুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।
(উঃ। $6{\cdot}03\times10^{-11}$ মিটার)

4. HF অণুর বন্ধন দৈর্ঘ্য (bond length) 4×10^{-11} মিটার। অণুটির ডাইপোলমোমেন্ট নির্ণয় কর। (উঃ। $6{\cdot}41\times10^{-30}$ কুলম্ব মিটার $=1{\cdot}92$ ডিবাই)

5. H_2O এবং H_2S অণুর ডাইপোলমোমেন্ট যথাক্রমে 1·84 এবং 0·94 ডিবাই। অণু দুইটির বন্ধন দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। কোন্ অণুটির বন্ধন অধিকতর ধ্রুবীয়? এই অণুগুলির ক্ষেত্রে লব্ধি ডাইপোলমোমেন্টের দিক্ (direction) চিত্রের সাহায্যে দেখাও। (উঃ। $3{\cdot}8\times10^{-11}$ মিটার, $2{\cdot}0\times10^{-11}$ মিটার)

———

৪

জারণ এবং বিজারণ
(OXIDATION & REDUCTION)

[Syllabus : Oxidation and Reduction—oxidation number concept and electronic concept. Balancing redox reactions by oxidation number method. Electropotential series of metals and its application.]

4.1 জারণের পুরাতন সংজ্ঞা

(i) যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থের সহিত অক্সিজেন কিংবা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল যুক্ত হয় বা উহার অনুপাত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় অথবা যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন কিংবা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল দূরীভূত হয় বা উহার অনুপাত হ্রাসপ্রাপ্ত হয় সেই বিক্রিয়াকে জারণ বিক্রিয়া বলা হয়।

উদাহরণ : $\overset{0}{C} + O_2 = \overset{+4}{C}O_2$

$$2\overset{0}{Mg} + O_2 = 2\overset{+2}{Mg}O$$

$$2\overset{0}{H_2} + O_2 = 2\overset{+1}{H_2}O$$

O_2 যুক্ত হওয়ায় C, Mg এবং H জারিত হইয়াছে।

$$\overset{0}{H_2} + Cl_2 = 2\overset{+1}{H}Cl$$

$$2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + Cl_2 = 2\overset{+3}{Fe}Cl_3$$

$$\overset{0}{Mg} + Cl_2 = \overset{+2}{Mg}Cl_2$$

অপরাতড়িৎধর্মী Cl_2 যুক্ত হওয়ায় H_2, $FeCl_2$ Mg জারিত হইয়াছে।

$$\overset{-4}{C}H_4 + 2O_2 = \overset{+4}{C}O_2 + 2H_2O$$

$$4H\overset{-1}{Cl} + MnO_2 = MnCl_2 + \overset{0}{Cl_2} + 2H_2O$$

$$H_2\overset{-2}{S} + Br_2 = \overset{0}{S} + 2HBr$$

হাইড্রোজেন দূরীভূত হওয়ায় CH_4, HCl, H_2S জারিত হইয়াছে।

$$2K\overset{-1}{I} + Cl_2 = \overset{0}{I_2} + 2KCl$$

$$2Na\overset{-1}{Br} + Cl_2 = \overset{0}{Br_2} + 2NaCl$$

$$\overset{+1}{Hg_2}Cl_2 + Cl_2 = 2\overset{+2}{Hg}Cl_2$$

পরাতড়িৎধর্মী K, Na, Hg দূরীভূত হওয়ায় KI, NaBr, Hg_2Cl_2 জারিত হইয়াছে।

আমরা যদি লক্ষ্য করি, তাহা হইলে দেখিতে পাইব যে, জারিত হইবার পর প্রত্যেকটি জারিত মৌলের জারণসংখ্যা বৃদ্ধি পাইয়াছে। যে-সব মৌল জারিত হইয়াছে তাহাদের জারণসংখ্যা বিক্রিয়ার পূর্বে এবং পরে মৌলগুলির চিহ্নের উপরে দেখান হইয়াছে। (জারণসংখ্যার সংজ্ঞা এই অধ্যায়ের পরবর্তী অংশে দ্রষ্টব্য।)

সুতরাং, জারণ হইল এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক মৌলের অথবা বিক্রিয়ক যৌগের মধ্যস্থিত কোন একটি মৌলের জারণসংখ্যার বৃদ্ধি হয়।

4.2 বিজারণের পুরাতন সংজ্ঞা :

যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন বা অন্য কোন পরাতড়িৎধর্মী মৌল যুক্ত হয় বা উহার অনুপাত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় অথবা বিক্রিয়ক পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা অন্য কোন অপরাতড়িৎ-ধর্মী মৌল দূরীভূত হয় বা উহার অনুপাত হ্রাসপ্রাপ্ত হয় সেই বিক্রিয়াকে বিজারণ বিক্রিয়া বলা হয়।

$$\overset{0}{Cl}_2 + H_2 = 2H\overset{-1}{Cl}$$
$$\overset{0}{N}_2 + 3H_2 = 2\overset{-3}{N}H_3$$
$$\overset{0}{S} + H_2 = H_2\overset{-2}{S}$$

H_2 যুক্ত হওয়ায় Cl_2, N_2 এবং S বিজারিত হইয়াছে।

$$\overset{0}{Cl}_2 + 2Na = 2Na\overset{-1}{Cl}$$
$$\overset{0}{S} + 2Na = Na_2\overset{-2}{S}$$
$$\overset{0}{O}_2 + 4Na = 2Na_2\overset{-2}{O}$$

তড়িৎ ধনাত্মক মৌল Na যুক্ত হওয়ায় Cl_2, S, O_2 বিজারিত হইয়াছে।

$$\overset{+2}{Zn}O + C = \overset{0}{Zn} + CO$$
$$\overset{+2}{Cu}O + H_2 = \overset{0}{Cu} + H_2O$$
$$\overset{+2}{Fe}O + C = \overset{0}{Fe} + CO$$

O_2 দূরীভূত হওয়ায় ZnO, CuO, FeO বিজারিত হইয়াছে।

$$2\overset{+3}{Fe}Cl_3 + 2[H] = 2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + 2HCl$$
$$\overset{+3}{Fe}_2O_3 + C = 2\overset{+2}{Fe}O + CO$$
$$\overset{+4}{Mn}O_2 + C = \overset{+2}{Mn}O + CO$$

তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল Cl_2 এবং O_2 দূরীভূতহওয়ায় $FeCl_3$, Fe_2O_3, MnO_2 বিজারিত হইয়াছে।

বিজারণের ক্ষেত্রে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, বিক্রিয়ক মৌলগুলির অথবা বিক্রিয়ক যৌগে অবস্থিত কোন একটি মৌলের জারণসংখ্যা হ্রাস পাইয়াছে।

সুতরাং **বিজারণ হইল এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক মৌলের অথবা বিক্রিয়ক যৌগে অবস্থিত কোন একটি মৌলের জারণসংখ্যা হ্রাস পায়।** এই ক্ষেত্রেও যে-সব মৌল বিজারিত হইয়াছে বিক্রিয়ার পূর্বে এবং পরে উহাদের জারণসংখ্যা মৌলগুলির চিহ্নের উপরে প্রদর্শিত হইয়াছে।

4.3 জারণ-বিজারণ একসঙ্গে ঘটে

নিম্নলিখিত উদাহরণ লক্ষ্য করা যাক্ :

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$
$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

উপরের বিক্রিয়াগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, প্রথম ক্ষেত্রে Cu অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জারিত হইয়াছে। আবার অক্সিজেন পরা-তড়িৎধর্মী Cu-এর সহিত যুক্ত হইয়া বিজারিত হইয়াছে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে H_2 অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জারিত হইয়াছে। আবার অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া বিজারিত হইয়াছে। অনুরূপভাবে তৃতীয় উদাহরণে হাইড্রোজেন অপরাতড়িৎধর্মী Cl_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া জারিত হইয়াছে। আবার Cl_2 হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া বিজারিত হইয়াছে। যাহারা জারিত হইয়াছে তাহাদের জারণসংখ্যা বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং যাহারা বিজারিত হইয়াছে তাহাদের জারণসংখ্যার হ্রাস হইয়াছে। প্রথম ক্ষেত্রে $\overset{0}{Cu}$ পরিবর্তিত হইয়া $\overset{+2}{Cu}$ হইয়াছে এবং O_2-এর জারণসংখ্যা হ্রাস পাইয়া $\overset{-2}{O}$ হইয়াছে। অন্য উদাহরণগুলির ক্ষেত্রেও জারণসংখ্যার এইরূপে হ্রাসবৃদ্ধি ঘটিয়াছে। আরও কয়েকটি বিক্রিয়া লক্ষ্য করা যাক্ :

$$S + H_2 = H_2S$$
$$O_2 + 4Na = 2Na_2O$$
$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$

প্রথমক্ষেত্রে S, H_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া বিজারিত হইয়াছে এবং H_2, S-এর সহিত যুক্ত হইয়া জারিত হইয়াছে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে O_2, Na-এর সহিত যুক্ত হইয়া বিজারিত হইয়াছে এবং Na, O_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া জারিত হইয়াছে। তৃতীয় ক্ষেত্রে $FeCl_3$-এর Fe^{+3} বিজারিত হইয়া $FeCl_2$-এ Fe^{+2}-এ পরিবর্তিত হইয়াছে এবং $SnCl_2$-এর Sn^{++} জারিত হইয়া $SnCl_4$-এ Sn^{+4} হইয়াছে। প্রত্যেক ক্ষেত্রেই

যাহা জারিত হইয়াছে তাহার জারণসংখ্যা বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং যাহা বিজারিত হইয়াছে তাহার জারণসংখ্যা হ্রাস পাইয়াছে।

সুতরাং, কোন বিক্রিয়ায় জারণ ঘটিলে উহাতে বিজারণ ঘটিবে। অর্থাৎ জারণ-বিজারণ যুগপৎ বা একসঙ্গে ঘটে।

$-2e$ (জারণ)

$$Cu + O \longrightarrow \overset{+2}{Cu}\overset{-2}{O}$$

$+2e$ (বিজারণ)

4.4 জারণ-বিজারণের আধুনিক সংজ্ঞা তথা ইলেকট্রনীয় মতবাদ (Modern or electronic concept of oxidation and reduction)

আমরা জানি মৌলের পরমাণুর বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন আদানপ্রদানের ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। সাধারণত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে একটি মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং অন্য একটি মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে। ইলেকট্রনের এই আদানপ্রদানের ফলে একটি পরমাণু ধনাত্মক আয়নে (ক্যাটায়ন) এবং অন্যটি ঋণাত্মক আয়নে (অ্যানায়ন) পরিণত হয়। তারপর এই আয়ন দুইটি পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। সুতরাং কোনও বিক্রিয়াকে ইলেকট্রন আদানপ্রদানের ভিত্তিতে বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে, ঐ বিক্রিয়ায় যাহা ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়াছে তাহা জারিত হইয়াছে এবং যাহা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়াছে তাহা বিজারিত হইয়াছে।

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

এই বিক্রিয়ায় Mg, O_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া জারিত হইয়াছে, আবার O_2, Mg-এর সহিত যুক্ত হইয়া বিজারিত হইয়াছে। অন্যভাবে দেখিলে দেখা যাইবে যে, Mg ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া জারিত হইয়াছে (কারণ জারণসংখ্যা শূন্য হইতে দুই-একক বৃদ্ধি পাইয়াছে) এবং অক্সিজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হইয়াছে (কারণ O_2-এর জারণসংখ্যা শূন্য হইতে দুই-একক হ্রাস পাইয়াছে)। অন্য যে-কোনও জারণ-বিজারণের ক্ষেত্রে এইভাবে দেখান যায় যে, কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বর্জনের অর্থ হইল জারণ এবং কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণের অর্থ হইল বিজারণ।

$$2\,Mg - 4e = 2\,Mg^{++}$$
$$O_2 + 4e = 2\,O^{--}$$
$$\overline{2\,Mg + O_2 = 2\,MgO}$$

সুতরাং, যে-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলের পরমাণু অথবা আয়ন হইতে ইলেকট্রন অপসারিত হয় তাহাকে জারণ বলে এবং যে-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলের পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ

করে তাহাকে বিজারণ বলা হয়। কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলির একটির জারণ ঘটিলে অন্যটির বিজারণ ঘটিবে। অর্থাৎ একই বিক্রিয়ায় জারণ এবং বিজারণ উভয়ই ঘটিবে।

4.5 জারক (Oxidant)

যে-সকল বিক্রিয়ক কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অন্য কোন বিক্রিয়ককে জারিত করে তাহাকে জারক বলা হয়। জারক নিজে বিজারিত হইয়া অপর বিক্রিয়ককে জারিত করে। অতএব ইলেকট্রন গ্রহীতা হইল জারক।

$2Mg+\underset{\text{জারক}}{O_2}=2MgO\ (Mg^0\rightarrow Mg^{++})$

$H_2+\underset{\text{জারক}}{Cl_2}=2HCl\ (H^0\rightarrow H^+)$

$4HCl+\underset{\text{জারক}}{MnO_2}=Cl_2+MnCl_2+2H_2O\ (Cl^-\rightarrow Cl^0)$

4.6 বিজারক (Reductant)

যে-সকল বিক্রিয়ক কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অন্য কোন বিক্রিয়ককে বিজারিত করে তাহাকে বিজারক বলা হয়। বিজারক নিজে জারিত হইয়া অপর বিক্রিয়ককে বিজারিত করে। সুতরাং ইলেকট্রন ত্যাগ হইল বিজারকের ধর্ম।

$Cl_2+\underset{\text{বিজারক}}{H_2}=2HCl\ (Cl^0\rightarrow Cl^-)$

$O_2+\underset{\text{বিজারক}}{4Na}=2Na_2O\ (O^0\rightarrow O^{-2})$

$2FeCl_3+\underset{\text{বিজারক}}{SnCl_2}=2FeCl_2+SnCl_4\ (Fe^{+3}\rightarrow Fe^{+2})$

আমরা জানিতে পারিলাম যে, মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ করার অর্থ জারণ এবং ইলেকট্রন গ্রহণ করার অর্থ বিজারণ। ধাতব মৌলগুলির পরমাণু বা আয়ন সাধারণত ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া উচ্চতর জারণসংখ্যা যুক্ত ধনাত্মক আয়নে বা ক্যাটায়নে জারিত হয়। আবার অধাতব মৌলগুলির ঋণাত্মক আধানযুক্ত আয়নগুলি অর্থাৎ অ্যানায়নগুলি সাধারণত ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া অধাতব মৌলে জারিত হয়। বিজারণের ক্ষেত্রে অধাতব মৌলগুলি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হয়। তাহা ছাড়া উচ্চতর জারণসংখ্যা সম্পন্ন ক্যাটায়নগুলিও ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিম্নতর জারণসংখ্যা সম্পন্ন ক্যাটায়নে বিজারিত হয়।

জারণ : $Na-e\rightarrow Na^+$

$Ca-2e\rightarrow Ca^{+2}$

$Fe^{++}-e\rightarrow Fe^{+3}$

$Al-3e\rightarrow Al^{+3}$

$2I^--2e\rightarrow I_2$

$2Cl^--2e\rightarrow Cl_2$

বিজারণ : $Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$
$Cu^{++} + e \rightarrow Cu^{+1}$
$Zn^{++} + 2e \rightarrow Zn$
$Cl + e \rightarrow Cl^{-1}$
$O + 2e \rightarrow O^{-2}$
$I + e \rightarrow I^{-1}$

4.7 কয়েকটি জারক দ্রব্য

1. অধাতু : কতকগুলি অধাতু মৌল অবস্থায় উত্তম জারক হিসাবে কাজ করে। যথা, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, O_2 ইত্যাদি।

$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$
$4Cl_2 + H_2S + 4H_2O = 8HCl + H_2SO_4$
$I_2 + H_2S = 2HI + S$
$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$
$4FeSO_4 + O_2 + 2H_2O = 4(FeOH)SO_4$

2. অক্সিঅ্যাসিড এবং উহাদের লবণ : $KMnO_4$, K_2CrO_4, $K_2Cr_2O_7$, ঘন H_2SO_4, ঘন এবং লঘু HNO_3, নাইট্রেট লবণ, হ্যালোজেনের অক্সিঅ্যাসিড এবং উহাদের লবণ উত্তম জারক দ্রব্য।

(a) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট :

$5K_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 6K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$
$3K_2SO_3 + 2KMnO_4 + H_2O = 3K_2SO_4 + 2MnO_2 + 2KOH$
$K_2SO_3 + 2KMnO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2K_2MnO_4 + H_2O$

(b) পটাসিয়াম ক্রোমেট এবং পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট :

$2(CrO_4)^{2-} + \overset{+}{H} \rightleftharpoons (Cr_2O_7)^{2-} + H_2O$
$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 4H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3S + K_2SO_4 + 7H_2O$

(c) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড :

$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$
$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$
$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$
$3Mg + 4H_2SO_4 = 3MgSO_4 + S + 4H_2O$
$4Zn + 5H_2SO_4$ (সামান্য লঘুকৃত) $= 4ZnSO_4 + H_2S + 4H_2O$

(d) (i) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড :

$P + 5HNO_3$ (অনার্দ্র) $= H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$
$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$

(ii) লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড :

$3Cu + 8HNO_3(35\%) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

(iii) অতি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড :

$4Zn + 10HNO_3$ (উষ্ণ) $= 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

$5Zn + 12HNO_3 = 5Zn(NO_3)_2 + N_2 + 6H_2O$

$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$

$4Mg + 10HNO_3 = 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

(e) নাইট্রেট লবণ :

$4Zn + NaNO_3 + 7NaOH + 6H_2O = 4Na_2[Zn(OH)_4] + NH_3$

$Zn + KNO_3 + 2KOH = K_2ZnO_2 + KNO_2 + H_2O$

(f) হ্যালোজেনের অক্সিঅ্যাসিড এবং লবণ :

$KClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 = KCl + Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

$KBrO + MnCl_2 + 2KOH = KBr + MnO_2 + 2KCl + H_2O$

$HIO_3 + 5HI = 3I_2 + 3H_2O$

(3) হাইড্রোজেন

$2Na + H_2 = 2NaH$

$Ca + H_2 = CaH_2$

(4) উচ্চ জারণস্তর বিশিষ্ট ধাতব আয়ন

$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + 2HCl$

$2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$

4.8 কয়েকটি বিজারক দ্রব্য

1. কয়েকটি ধাতু এবং অধাতু ঃ মৌলগুলির মধ্যে সক্রিয় ধাতুগুলি উত্তম বিজারক যথা ক্ষারীয় ধাতু, ক্ষারীয় মৃত্তিকা শ্রেণীর ধাতু এবং Zn, Al, Fe ইত্যাদি। অধাতব বিজারকগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য হইল H_2, C, P এবং Si।

2. হাইড্রাসিড ঃ হাইড্রাসিডগুলির বিজারণ ধর্ম উল্লেখযোগ্য। HCl, HBr, HI, H_2S এবং ইহাদের লবণ বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

3. হাইড্রাইড

$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$

4. নিম্ন জারণস্তর বিশিষ্ট ধাতব আয়ন

$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$

$5FeCl_2 + KMnO_4 + 8HCl = 5FeCl_3 + MnCl_2 + KCl + 4H_2O$

4.9 জারণ-বিজারণ উভয় ধর্মবিশিষ্ট কয়েকটি পদার্থ

1. হ্যালোজেন

$$I_2+5Cl_2+6H_2O=2HIO_3+10HCl$$
$$Cl_2+2KOH=KOCl+KCl+H_2O$$
$$3Cl_2+6KOH=KClO_3+5KCl+3H_2O$$

2. হাইড্রোজেন পারক্সাইড

$5H_2O_2+I_2=2HIO_3+4H_2O$ (জারক)

$3H_2O_2+2KMnO_4=2MnO_2+2KOH+3O_2+2H_2O$ (বিজারক)

3. নাইট্রাস অ্যাসিড এবং নাইট্রাইট লবণ

$5HNO_2+2KMnO_4+3H_2SO_4=5HNO_3+2MnSO_4+K_2SO_4+3H_2O$ (বিজারক)

$2NaNO_2+2NaI+2H_2SO_4=2NO+I_2+2Na_2SO_4+2H_2O$ (জারক)

4.10 আন্তরাণবিক জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Intermolcular oxidation reduction reaction)

কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় দুইটি বিক্রিয়ক অংশগ্রহণ করিলে অর্থাৎ একটি জারক এবং অপরটি বিজারকের ভূমিকা পালন করিলে সেই বিক্রিয়াটিকে **আন্তরাণবিক জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া** বলে। যেমন,

$$4Al+3O_2=2Al_2O_3$$
$$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$$

4.11 স্ব-জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Disproportionation reaction)

যে-বিক্রিয়ায় একই যৌগস্থিত নির্দিষ্ট একটি মৌল যুগপৎ জারিত এবং বিজারিত হয় সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় **স্ব-জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া**।

$$4H_3PO_3=3H_3PO_4+PH_3$$

এই বিক্রিয়ায় H_3PO_3-এর $\overset{+3}{P}$ জারিত হইয়া H_3PO_4-এ $\overset{+5}{P}$ জারণস্তরে পরিবর্তিত হইয়াছে এবং বিজারিত হইয়া PH_3-তে $\overset{-3}{P}$ জারণস্তর প্রাপ্ত হইয়াছে।

4.12 সম-আণবিক জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Intramolecular oxidation reduction reaction)

কোন বিক্রিয়ায় একই যৌগস্থিত একটি মৌল জারিত এবং অপর একটি মৌল বিজারিত হইলে সেই বিক্রিয়াকে **সম-আণবিক জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া** বলে। $(NH_4)_2Cr_2O_7=N_2+Cr_2O_3+4H_2O$

এই বিক্রিয়ায় $\overset{+6}{Cr}$, $\overset{+3}{Cr}$-এ বিজারিত হইয়াছে। আবার, $\overset{-3}{N}$, $\overset{0}{N}$-তে জারিত হইয়াছে। সুতরাং ইহা সম-আণবিক জারণ-বিজারণের উদাহরণ।

4.13 জারণ বিজারণের পুরাতন এবং আধুনিক সংজ্ঞার তুলনামূলক আলোচনা

পুরাতন সংজ্ঞানুসারে জারণ হইল কোন বিক্রিয়কের সহিত অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের সংযোজন অথবা হাইড্রোজেন কিংবা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের অপসারণ। এই সংজ্ঞানুসারে নিম্নে জারণের কতকগুলি উদাহরণ দেওয়া হইল :

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$
$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$
$$4HCl + MnO_2 = Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$$
$$2KI + Cl_2 = I_2 + 2KCl$$

উপরের উদাহরণগুলির প্রথমটিতে Mg জারিত হইয়া MgO হইয়াছে। MgO-এ Mg-এর জারণসংখ্যা +2। ইহা সম্ভব যদি Mg পরমাণু হইতে দুইটি ইলেকট্রন বর্জিত হয়। অর্থাৎ $Mg - 2e = Mg^{+2}$। অনুরূপভাবে দ্বিতীয়, তৃতীয় এবং চতুর্থ উদাহরণে Na, Cl^{-1} এবং I^{-1} হইতে ইলেকট্রন অপসারিত হইয়া যথাক্রমে Na^+ (NaCl), Cl_2 এবং I_2 উৎপন্ন হইয়াছে। সুতরাং, ইলেকট্রন অপসারিত হইয়া উপরের প্রত্যেকটি বিক্রিয়ায় জারণ ঘটিয়াছে। সুতরাং **জারণের পুরাতন সংজ্ঞা এবং আধুনিক সংজ্ঞার মধ্যে কোনও মৌলিক তফাৎ নাই।**

এইবার বিজারণ বিক্রিয়া পর্যালোচনা করা যাক। পুরাতন সংজ্ঞানুসারে বিজারণ হইল কোনও বিক্রিয়কের সহিত হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের সংযোজন অথবা অক্সিজেন কিংবা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের অপসারণ। এই সংজ্ঞানুসারে বিজারণের কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

$$Cl_2 + H_2 = 2HCl$$
$$Cl_2 + 2Na = 2NaCl$$
$$ZnO + C = Zn + CO$$
$$2FeCl_3 + 2[H] = 2FeCl_2 + 2HCl$$

প্রথম ক্ষেত্রে Cl_2 বিজারিত হইয়া HCl হইয়াছে অর্থাৎ Cl^0 হইতে Cl^{-1} হইয়াছে ($Cl + e \rightarrow Cl^{-1}$) অর্থাৎ ক্লোরিন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়াছে।

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $Cl + e \rightarrow Cl^-$ (Na^+Cl^-)

তৃতীয় ক্ষেত্রে $Zn^{+2} + 2e \rightarrow Zn$

চতুর্থ ক্ষেত্রে $Fe^{+3} + e \rightarrow Fe^{+2}$ ইত্যাদি ঘটিয়াছে।

উপরের প্রত্যেকটি বিজারণের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সংযোজন ঘটিয়াছে। সুতরাং **বিজারণের পুরাতন সংজ্ঞা এবং আধুনিক সংজ্ঞার মধ্যে কোনও মৌলিক পার্থক্য নাই।**

এই প্রসঙ্গে একটি বিষয় জানিয়া রাখা দরকার। সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে জারণ অথবা বিজারণ ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে ব্যাখ্যা করা সম্ভব নহে। CO_2-কে উদাহরণ হিসাবে লওয়া হইল। $C+O_2=CO_2$

পুরাতন সংজ্ঞানুসারে কার্বন অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়াছে। কিন্তু এক্ষেত্রে কার্বন এবং অক্সিজেনের মধ্যে সমযোজ্যতা বর্তমান বলিয়া কার্বন হইতে ইলেকট্রন বর্জিত হয় নাই। অনুরূপভাবে, $2C+H_2=C_2H_2$ বিক্রিয়ায় কার্বন হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়াছে। এক্ষেত্রেও কার্বন ইলেকট্রন গ্রহণ অথবা হাইড্রোজেন ইলেকট্রন বর্জন করে নাই। সমযোজ্যতার ক্ষেত্রে যোজ্যতা ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহার করিয়া যৌগ গঠিত হয়, ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে না। তবে এই কথা মনে রাখিতে হইবে যে, এই প্রকার ব্যতিক্রম ছাড়া জারণ-বিজারণের পুরাতন সংজ্ঞার সহিত ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞার কোনও মৌলিক পার্থক্য নাই।

4.14 জারক বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of oxidant and reductant)

জারক পদার্থের যতভাগ ওজন এক মোল ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেই ওজনসংখ্যাকে জারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়।

বিজারক পদার্থের যতভাগ ওজন এক মোল ইলেকট্রন বর্জন করে সেই ওজনসংখ্যাকে বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়।

নিম্নলিখিত কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে ইহা বুঝান হইল :

(1) $$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{++} + 4H_2O$$

এখানে MnO_4^- যদি $KMnO_4$ হিসাবে বিক্রিয়া করে তাহা হইলে এক অণু $KMnO_4$ 5টি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়াছে।

অতএব $KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{KMnO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{5}$$

(2) $$Fe^{++} - e = Fe^{+++}$$

Fe^{++} (ফেরাস আয়ন) একটি বিজারক আয়ন। ইহার জারিত হইয়া Fe^{+++} (ফেরিক আয়ন) উৎপন্ন হয়। Fe^{++} যদি $FeSO_4$ হিসাবে বিক্রিয়া করে তাহা হইলে এক অণু $FeSO_4$ একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়াছে।

$$\therefore\ FeSO_4\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{FeSO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{1}$$

(3) $$Sn^{++} - 2e = Sn^{++++}$$

Sn^{++} যদি $SnCl_2$ হিসাবে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহা হইলে অনুরূপভাবে $SnCl_2$-এর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{SnCl_2\text{-এর আণবিক ওজন}}{2}$

4.15 জারণসংখ্যা (Oxidation number)

NaCl, MgO, $FeCl_3$ প্রভৃতি যৌগগুলি লক্ষ্য করা যাউক। NaCl-এর ক্ষেত্রে Na পরমাণু একটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া Na^{+1} এবং Cl পরমাণু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া Cl^{-1} হইয়াছে। অতঃপর ইহারা যুক্ত হইয়া NaCl অণু উৎপন্ন করিয়াছে। সুতরাং NaCl অণুতে Na, Na^{+1} হিসাবে এবং Cl, Cl^{-1} হিসাবে উপস্থিত আছে। এই ক্ষেত্রে বলা হয় যে, NaCl অণুতে Na-এর জারিত অবস্থা +1 এবং Cl-এর জারিত অবস্থা −1। MgO-এ Mg দুইটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া Mg^{+2} এবং O দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া O^{-2}-এ বিজারিত হইয়াছে। অতঃপর ইহারা পরস্পর যুক্ত হইয়া MgO গঠন করিয়াছে। সুতরাং, MgO-এ Mg, Mg^{+2} এবং O, O^{-2} অবস্থায় বর্তমান। এই ক্ষেত্রেও বলা হয় যে, MgO অণুতে Mg-এর জারণস্তর +2 এবং O-এর জারণস্তর −2। অনুরূপ-ভাবে $FeCl_3$ যৌগে Fe-এর জারণস্তর +3 এবং Cl-এর জারণস্তর −1। **স্পষ্টতই জারণস্তর কোন মৌলের জারিত অবস্থা বা বিজারিত অবস্থা প্রকাশ করে।**

কোন নির্দিষ্ট যৌগে কোন মৌলের জারণস্তর (oxidation state) যে-সংখ্যার দ্বারা প্রকাশিত করা হয় তাহাকে জারণসংখ্যা বলা হয়। জারণসংখ্যা ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক উভয়ই হইতে পারে। যৌগ গঠন কালে কোন মৌলের পরমাণু যদি ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাহার জারণসংখ্যা ধনাত্মক হইবে আবার ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে তাহার জারণসংখ্যা ঋণাত্মক হইবে।

আমরা জানি জারণ এবং বিজারণ একসঙ্গে সংগঠিত হয়। আবার লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, জারণে জারিত মৌলের যোজ্যতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং বিজারণে বিজারিত মৌলের যোজ্যতা হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। সুতরাং বলিতে পারা যায় যে, **জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় কোন একটি মৌলের যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় এবং অপর একটি মৌলের যোজ্যতা হ্রাস পায়। আবার ইহা পরিষ্কার যে, যে-মৌলটি জারিত হয় তাহার জারণসংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং যে-মৌল বিজারিত হয় তাহার জারণসংখ্যা হ্রাস পায়। সেই কারণে অনেক সময় জারণসংখ্যাকে যোজ্যতা সংখ্যাও** বলা হয়। তবে ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, জারণসংখ্যা এবং যোজ্যতা সংখ্যা সমান হইলেও **জারণ-সংখ্যা এবং যোজ্যতা (Valeancy) একই বস্তু নহে। জারণসংখ্যা ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক হইতে পারে কিন্তু যোজ্যতা সবসময়ে ধনাত্মক সংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করা হয়।** $FeCl_3$-এ Fe-এর জারণসংখ্যা +3 এবং Cl-এর জারণসংখ্যা −1। কিন্তু এই যৌগে Fe-এর যোজ্যতা 3 এবং এবং Cl-এর যোজ্যতা 1। আবার অধিকাংশ ক্ষেত্রে যোজ্যতা এবং জারণসংখ্যার সংখ্যাগত মান (numerical value) সমান হইলেও কয়েকটি ক্ষেত্রে ইহা সত্য নহে।

Fe_3O_4 যৌগে Fe-এর জারণসংখ্যা গণনা করিলে দেখা যাইবে, Fe-এর জারণসংখ্যা ভগ্নাংশ ($\frac{+8}{3} = +2{\cdot}66$)। প্রকৃতপক্ষে এই যৌগে দুই প্রকার যোজ্যতাবিশিষ্ট Fe বর্তমান। একটির মান 2, আর একটির মান 3। অনুরূপভাবে, Pb_3O_4-এর Pb-এর জারণসংখ্যা ভগ্নাংশ ($+\frac{8}{3} = +2{\cdot}66$) হইলেও ইহাতে 2 এবং 3 যোজ্যতাবিশিষ্ট Pb বর্তমান।

উপরের আলোচনা হইতে ইহা স্পষ্ট যে, কোন মৌল যৌগে অবস্থান করিলে তাহা নির্দিষ্ট জারণসংখ্যা প্রাপ্ত হয়। তাই ইহা ধরিয়া লওয়া হয় যে, মুক্ত অবস্থায় কোনও মৌল শূন্য (0) জারণস্তরে থাকে। অর্থাৎ মুক্ত মৌলের জারণসংখ্যা শূন্য। ইহার ভিত্তিতে জারণসংখ্যার নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দেওয়া যাইতে পারে।

যৌগমধ্যস্থ কোন মৌলের পরমাণু যত সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিয়া মৌলটির একটি মুক্ত পরমাণুতে পরিণত হইবে সেই সংখ্যা যৌগ মধ্যস্থিত পরমাণুটির জারণসংখ্যার সাংখ্যিক মান হইবে। গ্রহণের ক্ষেত্রে যৌগমধ্যস্থ মৌলটির জারণসংখ্যার মান ধনাত্মক এবং বর্জনের ক্ষেত্রে যৌগমধ্যস্থিত মৌলটির জারণসংখ্যার মান ঋণাত্মক।

4.16 জারণসংখ্যা পরিবর্তনশীল

এ কথা মনে রাখিতে হইবে যে, কোন মৌলের জারণসংখ্যা ধ্রুবক নহে। বিভিন্ন যৌগে একই মৌলের বিভিন্ন জারণসংখ্যা থাকিতে পারে। C, N, S, Cl, Mn প্রভৃতি কয়েকটি মৌলের বিভিন্ন যৌগে উহাদের একাধিক জারণসংখ্যা পরিলক্ষিত হয়। কয়েকটি মৌলের বিভিন্ন যৌগে উহাদের একাধিক জারণসংখ্যা নিয়ে দেখান হইল :

মৌল	যৌগ	জারণসংখ্যা
Mn	MnO_2, K_2MnO_4, $KMnO_4$	+4, +6, +7
C	CO_2, CO, CH_4, C_2H_4, C_2H_2, CaC_2	+4, +2, −4, −2, −1
N	NH_3, N_2H_4, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5	−3, −2, +1, +2 +3, +4, +5
S	H_2S, SO, SO_2, SO_3	−2, +2, +4, +6
Cl	NaCl, Cl_2O, ClO_2, Cl_2O_6, Cl_2O_7, $KClO_3$, $KClO_4$	−1, −2, −4, −6, −7, +5, +7

আগেই বলা হইয়াছে যে, কয়েকটি উচ্চ অক্সাইডে কতকগুলি মৌলের জারণসংখ্যা ভগ্নাংশ হইতে দেখা যায়, যেমন Fe_3O_4, Pb_3O_4, KO_2 ইত্যাদি।

2. জারক এবং বিজারক যৌগের উপাদান মৌলগুলির যে-মৌলগুলি জারিত বা বিজারিত হইয়াছে তাহাদের জারণসংখ্যা মৌলগুলির সঙ্কেতের উপরের ডানদিকে লিখিতে হয়।

3. জারক ও বিজারকের জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা রক্ষার্থে জারক ও বিজারক অণুকে উপযুক্ত সংখ্যার দ্বারা গুণ করিতে হয়।

4. সমীকরণে সমতা আনার জন্য অনেক সময় বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অন্যান্য বিক্রিয়কের অণুকে উপযুক্ত সংখ্যার দ্বারা গুণ করার দরকার হয়।

উদাহরণ ঃ এই পদ্ধতির সাহায্য লইয়া বিভিন্নভাবে কয়েকটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় সমতা সাধন করা হইল।

1. Zn লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $ZnCl_2$-এ জারিত হয় এবং HCl, H_2-এ বিজারিত হয়।

অসম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল—

$$\overset{0}{Zn}+\overset{+1}{H}Cl \longrightarrow \overset{+2}{Zn}Cl_2+\overset{0}{H_2}$$

দেখা যাইতেছে যে, Zn-এর জারণসংখ্যা 2 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে $(0 \rightarrow +2)$ এবং হাইড্রোজেনের জারণসংখ্যা 1 একক হ্রাস পাইয়াছে $(+1 \rightarrow 0)$। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা রক্ষা করিবার জন্য স্পষ্টতই $Zn : H^+ = 1 : 2$ অর্থাৎ $Zn : HCl = 1 : 2$ করিতে হইবে। অর্থাৎ সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইবে

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$$

2. SO_2, H_2S-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া H_2S-কে S-এ জারিত করে এবং SO_2, S-এ বিজারিত হয়।

অসম্পূর্ণ সমীকরণ—

$$\overset{+4}{S}O_2+H_2\overset{-2}{S} \longrightarrow \overset{0}{S}+H_2O+\overset{0}{S}$$

সমীকরণটি লক্ষ্য করিয়া দেখা যাইতেছে যে, H_2S-এর S-এর জারণসংখ্যা বৃদ্ধি হইয়াছে 2 একক এবং SO_2-এর S-এর জারণসংখ্যা হ্রাস হইয়াছে 4 একক। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা রক্ষা করিবার জন্য সমীকরণটিতে $S^{+4} : S^{-2} = 2 : 4$ হইবে। অর্থাৎ $SO_2 : H_2S = 2 : 4 = 1 : 2$ হইবে।

অতএব সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইবে—

$$SO_2+2H_2S=3S+2H_2O$$

3. C গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা CO_2-এ জারিত হয় এবং H_2SO_4, SO_2-এ বিজারিত হয়।

অসম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল—

$$\overset{0}{C}+H_2\overset{+6}{S}O_4 \longrightarrow \overset{+4}{C}O_2+\overset{+4}{S}O_2+H_2O$$

সমীকরণটি হইতে দেখা যাইতেছে যে, C-এর জারণসংখ্যা 4 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং H_2SO_4-এর মধ্যস্থ S-এর জারণসংখ্যা 2 একক হ্রাস পাইয়াছে। জারণ-

সংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা রক্ষা করিবার জন্য $C : S^{+6} = 2 : 4 = 1 : 2$ অর্থাৎ $C : H_2SO_4 = 1 : 2$ হইবে। অতএব সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইবে—

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

4. Cu উত্তপ্ত HNO_3-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $Cu(NO_3)_2$-এ জারিত হয় এবং HNO_3, NO_2-তে বিজারিত হয়।

অসম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল—

$$\overset{0}{Cu} + H\overset{+5}{N}O_3 \longrightarrow \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + H_2O + \overset{+4}{N}O_2$$

এই বিক্রিয়ায় Cu-এর জারণসংখ্যা বৃদ্ধি 2 একক। N-এর জারণসংখ্যা হ্রাস 1 একক। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা রক্ষা করিবার জন্য সমীকরণটিতে $Cu : N^{+5} = 1 : 2$ হইবে অর্থাৎ $Cu : HNO_3 = 1 : 2$ হইবে। কিন্তু এখানে একটি বিষয় লক্ষ্য করিতে হইবে, HNO_3 বিজারিত হইয়া NO_2 হইয়াছে। সুতরাং বিজারিত $2HNO_3$ হইতে $2NO_2$ উৎপন্ন হইবে। কিন্তু $Cu(NO_3)_2$-এ আরও দুইটি NO_3 মূলক বর্তমান থাকায় আরও 2 অণু HNO_3, $Cu(NO_3)_2$ উৎপাদনের জন্য প্রয়োজন। সুতরাং, সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইবে—

$$Cu + 2HNO_3 + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

অথবা, $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, সমীকরণটিতে সমতা আনিতে H_2O অণুর সংখ্যা 2 হইবে। তাই সমীকরণের ডানদিকে $2H_2O$ যোগ করা হইল।

5. জায়মান H অম্লীকৃত $KMnO_4$-কে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে এবং নিজে জারিত হইয়া H_2O হয়।

অসম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল—

$$K\overset{+7}{Mn}O_4 + H_2SO_4 + \overset{0}{H} \longrightarrow K_2SO_4 + \overset{+2}{Mn}SO_4 + \overset{+1}{H_2}O$$

স্পষ্টতই দেখা যাইতেছে যে, $KMnO_4$-এর Mn-এর জারণসংখ্যা 5 একক হ্রাস পাইয়াছে এবং H-এর জারণসংখ্যা 1 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা আনতে $Mn^{+7} : H = 1 : 5$ অর্থাৎ $KMnO_4 : H = 1 : 5$। যেহেতু K_2SO_4-এর K, $KMnO_4$ হইতে আসিয়াছে সেইহেতু $KMnO_4 : H = 2 : 10$ হইবে।

অতএব সম্পূর্ণ সমীকরণটি হইবে—

$$2KMnO_4 + 10[H] + x\,H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + (x+5)\,H_2O$$

[x= অজ্ঞাত সংখ্যা]

এখন সমীকরণটি ভালভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, সমীকরণটির ডানদিকে 3টি SO_4 মূলক আছে। এই তিনটি SO_4 মূলক 3 অণু H_2SO_4 হইতে আসিবে। অর্থাৎ $x = 3$। সুতরাং নির্ণেয় সমীকরণ হইল

$$2KMnO_4 + 10[H] + 3H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

6. **H_2S, $FeCl_3$-কে $FeCl_2$-এ বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হইয়া S-এ পরিণত হয়।**

$$\overset{+3}{Fe}Cl_3 + H_2\overset{-2}{S} \rightarrow \overset{+2}{Fe}Cl_2 + HCl + \overset{0}{S}$$

বিক্রিয়াটিতে $FeCl_3$-এ অবস্থিত Fe-এর জারণসংখ্যা হ্রাস 1 একক এবং H_2S-এ অবস্থিত S-এর জারণসংখ্যা বৃদ্ধি 2 একক। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা আনিতে $Fe^{+3} : S^{-2} = 2 : 1$ হইবে অর্থাৎ সমীকরণটিতে $FeCl_3 : H_2S = 2 : 1$ হইবে। সুতরাং সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইবে

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + x\ HCl \quad (x = \text{অজ্ঞাত সংখ্যা})$$

সমীকরণটি লক্ষ করিলে দেখা যাইবে, $x = 3$

$\therefore$ নির্ণেয় সমীকরণ $2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + 3HCl$

7. **KBr গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা জারিত হইয়া Br_2 উৎপন্ন করে এবং H_2SO_4 SO_2-এ বিজারিত হয়।**

$$K\overset{-1}{Br} + H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightarrow K_2SO_4 + \overset{0}{Br}_2 + \overset{+4}{S}O_2 + H_2O$$

সমীকরণটি লক্ষ করিলে দেখা যাইবে যে, বিক্রিয়াটিতে KBr-এ অবস্থিত Br-এর জারণসংখ্যা বৃদ্ধি 1 একক এবং H_2SO_4-এর S-এর জারণসংখ্যা হ্রাস 2 একক। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা আনিতে $Br^{-1} : S^{+6} = 2 : 1$ হইবে। অর্থাৎ সমীকরণটিতে $KBr : H_2SO_4 = 2 : 1$

অতএব, অসম্পূর্ণ সমীকরণটিতে বিজারক ও জারক অণুর অণুপাত 2 : 1 রাখিয়া নিম্নলিখিতভাবে লেখা হইল

$$2KBr + H_2SO_4 \rightarrow Br_2 + SO_2 + K_2SO_4 + H_2O$$

কিন্তু সমীকরণটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, K_2SO_4-এর জন্য অতিরিক্ত 1 অণু H_2SO_4 প্রয়োজন। অতএব, সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইল

$$2KBr + 2H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + K_2SO_4 + 2H_2O$$

8. **HCl, $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হইয়া Cl_2-এ পরিণত হয় এবং $KMnO_4$ বিজারিত হইয়া $MnCl_2$-এ পরিণত হয়।**

অসম্পূর্ণ বিক্রিয়াটি হইল

$$K\overset{+7}{Mn}O_4 + H\overset{-1}{Cl} \rightarrow KCl + \overset{+2}{Mn}Cl_2 + H_2O + \overset{0}{Cl}_2$$

সমীকরণটি লক্ষ করিলে দেখা যাইবে যে, এই বিক্রিয়ায় $KMnO_4$-এ অবস্থিত Mn-এর জারণসংখ্যা 5 একক হ্রাস পাইয়াছে এবং HCl-এ অবস্থিত Cl-এর জারণসংখ্যা 1 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে। জারণসংখ্যায় হ্রাসবৃদ্ধিতে সমতা আনিতে সমীকরণটিতে $Mn^{+7} : Cl^{-} = 1 : 5$ হইবে। অর্থাৎ $KMnO_4 : HCl = 1 : 5$ হইবে। জারক ও বিজারক অণুর অনুপাত 1 : 5 রাখিয়া সমীকরণটি নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা হইল

$$KMnO_4 + 5HCl \rightarrow KCl + MnCl_2 + 5Cl + H_2O$$

কিন্তু Cl দ্বিপরমাণুক। সুতরাং এই অসম্পূর্ণ সমীকরণটির উভয়দিক 2 দ্বারা গুণ করিয়া এবং জারিত ও বিজারিত অংশের অণুগুলির যথাযথ রাখিয়া পাই :

$$2KMnO_4 + 10HCl \rightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + H_2O$$

উপরের অসম্পূর্ণ সমীকরণটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, KCl এবং $MnCl_2$-এর জন্য আরো 6-টি Cl পরমাণু প্রয়োজন এবং তাহা 6 অণু HCl হইতে আসিবে। সুতরাং সম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল

$$2KMnO_4 + 10HCl + 6HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$$

অথবা, $2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$

9. অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$, $FeSO_4$-কে $Fe_2(SO_4)_3$-এ জারিত করে এবং নিজে $MnSO_4$-এ বিজারিত হয়।

অসম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল,

$$K\overset{+7}{Mn}O_4 + Fe\overset{+2}{S}O_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + \overset{+2}{Mn}SO_4 + \overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3 + H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় $KMnO_4$-এ অবস্থিত Mn-এর জারণসংখ্যা 5 একক হ্রাস পাইয়াছে এবং $FeSO_4$-এ অবস্থিত Fe-এর জারণসংখ্যা 1 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা রক্ষার্থে সমীকরণটিতে $Mn^{+7} : Fe^{+2} = 1 : 5$ হইবে। অর্থাৎ $KMnO_4 : FeSO_4 = 1 : 5$। এই অনুপাত স্থির রাখিয়া অসম্পূর্ণ সমীকরণ নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা হইল,

$$KMnO_4 + 5FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \tfrac{1}{2}K_2SO_4 + \tfrac{5}{2}Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + H_2O$$

অথবা, $2KMnO_4 + 10FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + H_2O$

অসম্পূর্ণ সমীকরণটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, ডানদিকে মোট 18-টি SO_4 মূলক বর্তমান। কিন্তু বামদিকে মোট 10-টি SO_4 মূলক আছে। সুতরাং আরো 8-টি SO_4 মূলকের জন্য 8 অণু H_2SO_4 দরকার এবং সমীকরণটিতে সমতা আনিতে হইলে ডানদিকে 8 অণু H_2O-এর প্রয়োজন হইবে। সুতরাং, সমতা-প্রাপ্ত সমীকরণ হইল,

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = K_2SO_4 + MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$$

10. অ্যাসিডযুক্ত $K_2Cr_2O_7$, H_2S-কে S-এ জারিত করে এবং $K_2Cr_2O_7$, $Cr_2(SO_4)_3$-এ বিজারিত হয়। অসম্পূর্ণ সমীকরণ,

$$K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 + H_2\overset{-2}{S} + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + \overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + \overset{0}{S} + H_2O$$

$K_2Cr_2O_7$-এ অবস্থিত Cr-এর জারণসংখ্যা হ্রাস 3 একক এবং H_2S-এর S-এর জারণসংখ্যা বৃদ্ধি 2 একক। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধিতে সমতা আনিতে সমীকরণটিতে

$\overset{+6}{Cr} : \overset{-2}{S} = 2 : 3$ হইবে অর্থাৎ $K_2Cr_2O_7 : H_2S = 1 : 3$ হইবে। সুতরাং সম্পূর্ণ সমীকরণটি নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়:

$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3S + H_2O$$

সমীকরণটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, ডানদিকের SO_4 মূলকের সংখ্যার সমতা বিধান করিতে বামদিকে 4 অণু H_2SO_4 লাগিবে। অর্থাৎ সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণ হইবে,

$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 4H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3S + 4H_2O$$

11. Al জলের উপস্থিতিতে NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $NaAlO_2$ উৎপন্ন করে এবং H_2 গ্যাস নির্গত হয়।

অসম্পূর্ণ সমীকরণটি হইল,

$$\overset{0}{Al} + NaO\overset{+1}{H} + \overset{+1}{H_2}O \rightarrow Na\overset{+3}{Al}O_2 + \overset{0}{H_2}$$

এই বিক্রিয়ায় H_2, NaOH এবং H_2O উভয় অণু হইতেই আসিয়াছে Al-এর জারণসংখ্যার বৃদ্ধি 3 একক এবং NaOH ও H_2O-এ অবস্থিত H-এর জারণসংখ্যার হ্রাস 1 একক। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা আনিতে $\overset{0}{Al} : H^+ = 1 : 3$ হইবে। অর্থাৎ Al : NaOH : $H_2O = 1 : 1 : 1$ (কারণ একটি H^+ এক অণু NaOH হইতে এবং দুইটি H^+ এক অণু H_2O হইতে আসিবে)। সুতরাং সমতা-প্রাপ্ত সমীকরণটি হইল,

$$Al + NaOH + H_2O = NaAlO_2 + 3H$$

যেহেতু H দ্বিপরমাণুক অতএব সমীকরণটি হইল,

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

12. Cl_2, NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া NaCl এবং NaOCl গঠন করে।

$$\overset{0}{Cl_2} + NaOH \rightarrow Na\overset{-1}{Cl} + NaO\overset{+1}{Cl}$$

বিক্রিয়াটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, ক্লোরিনের একটি অংশ জারিত এবং একটি অংশ বিজারিত হইয়াছে। প্রথম ক্ষেত্রে Cl-এর জারণসংখ্যার হ্রাস 1 একক এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে Cl-এর জারণসংখ্যার বৃদ্ধি 1 একক। জারণসংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধিতে সমতা আনিতে Cl : Cl = 1 : 1, অর্থাৎ 1 অণু ক্লোরিন প্রয়োজন। অতএব সমতা-প্রাপ্ত সমীকরণটি হইল,

$$Cl + Cl + xNaOH = \tfrac{x}{2}NaCl + \tfrac{x}{2}NaOCl$$ [x = অজ্ঞাত সংখ্যা]

সমীকরণের বামদিকে দুইটি ক্লোরিন পরমাণু বর্তমান। সুতরাং, $\frac{x}{2} + \frac{x}{2} = 2$

অথবা, $x = 2$

∴ সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইল, $Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl$

13. FeS_2, O_2 দ্বারা জারিত হইয়া Fe_2O_3 এবং SO_2-এ পরিণত হয়।

$$\overset{+2}{Fe}\overset{-1}{S_2} + \overset{0}{O_2} \rightarrow \overset{+3}{Fe_2}\overset{-2}{O_3} + \overset{+4}{S}\overset{-2}{O_2}$$

এই বিক্রিয়ায় একই অণু FeS_2-এর উভয় অংশই জারিত হইয়াছে। Fe-এর জারণসংখ্যা বৃদ্ধি 1 একক ($\overset{+2}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{Fe}$) এবং 2S-এর জারণসংখ্যা বৃদ্ধি 2×5 একক বা 10 একক ($\overset{-1}{S} \rightarrow \overset{+4}{S}$)।

সুতরাং, FeS_2 অণুটি জারিত হইতে জারণসংখ্যার মোট বৃদ্ধি (10+1) একক বা 11 একক। আবার অক্সিজেনের জারণসংখ্যার হ্রাস 2 একক। জারণসংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধির সমতা আনিতে $FeS_2 : O = 2 : 11$ হইবে।

অর্থাৎ, $FeS_2 : O_2 = 4 : 11$

সুতরাং, সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইবে, $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$

14. শ্বেত P এবং NaOH দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে PH_3 গ্যাস এবং NaH_2PO_2 উৎপন্ন হয়।

$$\overset{0}{P} + NaOH + H_2O \rightarrow \overset{-3}{P}H_3 + NaH_2\overset{+1}{P}O_2$$

এই বিক্রিয়ায় P জারিত এবং বিজারিত হইয়াছে। P-এর জারণসংখ্যার বৃদ্ধি 1 একক এবং হ্রাস 3 একক। জারণসংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধিতে সমতা আনিতে 4 পরমাণু P-এর প্রয়োজন। সুতরাং আমরা সমীকরণটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করিতে পারি, $4P + xNaOH + yH_2O = PH_3 + xNaH_2PO_2$।

সমীকরণটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, বামদিকে মোট অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $x+y$ এবং ডানদিকে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $2x$। আবার বামদিকে H পরমাণুর সংখ্যা $x+2y$ এবং ডানদিকে H পরমাণুর সংখ্যা $2x+3$।

$\therefore \quad 2x = x+y \quad \cdots \quad (1)$

এবং $x+2y = 2x+3 \quad \cdots \quad (2)$

সমীকরণ দুইটি সমাধান করিলে দেখা যাইবে যে, $x=y=3$

অতএব, সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইল,

$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

15. HNO_3, H_2S-কে S-এ জারিত করে এবং নিজে NO-এ বিজারিত হয়।

$$H\overset{+5}{N}O_3 + H_2\overset{-2}{S} \rightarrow \overset{0}{S} + \overset{+2}{N}O + H_2O$$

বিক্রিয়াটিতে N-এর জারণসংখ্যার হ্রাস 3 একক এবং S-এর জারণসংখ্যার বৃদ্ধি 2 একক। জারণসংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধির সমতা রক্ষার জন্য সমীকরণটিতে $N^{+5} : S^{-2} = 2 : 3$ হইবে। অর্থাৎ, $HNO_3 : H_2S = 2 : 3$

সুতরাং, সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণটি হইল,

$$2HNO_3 + 3H_2S = 3S + 4H_2O + 2NO$$

4.19 জারণসংখ্যা এবং জারক ও বিজারকের তুল্যাঙ্কভার

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াকালে জারক অথবা বিজারক মধ্যস্থিত কোন মৌলের জারণসংখ্যার একক পরিবর্তনে জারক অথবা বিজারকের যত ভাগ ওজন অংশ গ্রহণ করে সেই ওজন সংখ্যাই জারক বা বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার।

$$\text{অতএব জারকের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{জারকের আণবিক ওজন}}{\text{মোট জারণসংখ্যার পরিবর্তন}}$$

$$\text{বিজারকের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{বিজারকের আণবিক ওজন}}{\text{মোট জারণসংখ্যার পরিবর্তন}}$$

উদাহরণ : (1) $2\overset{+3}{Fe}Cl_3 + H_2\overset{-2}{S} = 2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + 2HCl + \overset{0}{S}$

$$FeCl_3\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{FeCl_3\text{-এর আণবিক ওজন}}{1}$$

$$H_2S\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{H_2S\text{-এর আণবিক ওজন}}{2}$$

(2) $2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 10\overset{+2}{Fe}SO_4 + 8H_2SO_4$

$= K_2SO_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 5\overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3 + 8H_2O$

$$KMnO_4\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{KMnO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{5}$$

$$FeSO_4\text{-এর} \quad " \quad = \frac{FeSO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{1}$$

(3) $3H_2\overset{-2}{S} + 4H_2SO_4 + K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 = K_2SO_4 + \overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + 3\overset{0}{S} + 7H_2O$। $K_2Cr_2O_7$-এ 2Cr-এর মোট জারণসংখ্যা $= 2 \times +6 = +12$ এবং $Cr_2(SO_4)_3$-এ 2Cr-এর মোট জারণসংখ্যা $= 2 \times +3 = +6$। অতএব জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন $= 12 - 6 = 6$।

$$\therefore \; K_2Cr_2O_7\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{K_2Cr_2O_7\text{-এর আণবিক ওজন}}{6}$$

4.20 আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে রাসায়নিক সমীকরণের সমতা-বিধান (Ion electron method of balancing chemical equations)

যে-সকল জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া জলীয় দ্রবণে ঘটানো হয় সেই সকল বিক্রিয়ায় মূলত আয়ন অংশ গ্রহণ করে। একটি আয়ন জারিত হয় এবং অপর একটি বিজারিত হয়। এই সকল বিক্রিয়াকে আয়নীয় বিক্রিয়া বলা হয়। এই ধরনের আয়নীয় সমীকরণে সমতা আনিতে হইলে পূর্ণ সমীকরণটিকে দুইটি আংশিক সমীকরণে ভাগ করিতে হয়। একটি অংশে জারণ এবং অপর অংশে বিজারণ প্রকাশ করা হয়। যেহেতু বিক্রিয়াটি জলীয় দ্রবণে করা হয় সেই হেতু সমতা আনিবার জন্য সমীকরণে প্রয়োজনমত H^+, OH^- অথবা H_2O ব্যবহার করা হয়।

আবার জারণ অথবা বিজারণে মোট আধানের মানে সমতা আনার উদ্দেশ্যে একক পরিবর্তনের জন্য 'e' (ইলেকট্রন) ব্যবহার করা হয়। সুতরাং আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমতা আনিতে আমাদিগকে নিম্নলিখিত নিয়মগুলি অনুসরণ করিতে হইবে।

(1) বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি যথাযথ জানিতে হইবে।

(2) জারক পদার্থের জন্য একটি আংশিক সমীকরণ প্রস্তুত করিতে হইবে।

(3) বিজারক পদার্থের জন্য আংশিক সমীকরণ প্রস্তুত করিতে হইবে।

(4) প্রত্যেকটি আংশিক সমীকরণকে যথাযথ সংখ্যা দ্বারা গুণ করিতে হইবে যাহাতে আংশিক সমীকরণ দুইটি যোগ করিবার সময় ইলেকট্রন সংখ্যার যোগফল শূন্য হয়।

(5) অতঃপর আংশিক সমীকরণ দুইটি যোগ করিতে হইবে। যোগ করিবার সময় যে-সকল পদার্থ সমীকরণের উভয় দিকে বর্তমান থাকে তাহাদিগকে বাদ দিতে হইবে।

উদাহরণ: (1) $SnCl_2$ দ্বারা $FeCl_3$ বিজারিত হয়।

$$Fe^{+++} + e = Fe^{++} \quad \cdots \quad (1)$$
$$Sn^{++} - 2e = Sn^{++++} \quad \cdots \quad (2)$$

সমীকরণ (1)-কে 2 এবং সমীকরণ (2)-কে 1 দ্বারা গুণ করিয়া

$$2Fe^{+++} + 2e = 2Fe^{++}$$
$$Sn^{++} - 2e = Sn^{++++}$$

যোগ করিয়া $2Fe^{+++} + Sn^{++} = 2Fe^{++} + Sn^{++++}$

(2) CdS, HNO_3 দ্বারা S-এ জারিত হয় এবং HNO_3, NO-এ বিজারিত হয়।

$$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O \quad \cdots \quad (1)$$
$$CdS = Cd^{++} + S^0 + 2e \quad \cdots \quad (2)$$

সমীকরণ (1)-কে 2 এবং সমীকরণ (2)-কে 3 দ্বারা গুণ করিয়া

$$2NO_3^- + 8H^+ + 6e = 2NO + 4H_2O$$
$$3CdS = 3Cd^{++} + 3S + 6e$$

$$2NO_3^- + 3CdS + 8H^+ = 2NO + 3Cd^{++} + 3S$$

(3) $KMnO_4$, H_2SO_4 মাধ্যমে $FeSO_4$ দ্বারা বিজারিত হইয়া $MnSO_4$ উৎপন্ন করে এবং $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$-এ জারিত হয়।

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{++} + 4H_2O \quad \cdots \quad (1)$$
$$Fe^{++} - e = Fe^{+++} \quad \cdots \quad (2)$$

সমীকরণ (1)-কে 1 এবং সমীকরণ (2)-কে 5 দ্বারা গুণ করিয়া

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{++} + 4H_2O$$
$$5Fe^{++} - 5e = 5Fe^{+++}$$

যোগ করিয়া $MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{++} = Mn^{++} + 5Fe^{+++} + 4H_2O$

(4) অ্যাসিড মাধ্যমে KI, $K_2Cr_2O_7$ দ্বারা I_2-তে জারিত হয় এবং $K_2Cr_2O_7$, Cr^{+++}-এ বিজারিত হয়।

$$Cr_2O_7^{=}+14H^{+} \quad +6e \ =2Cr^{+++}+7H_2O$$
$$2I^{-} \qquad -2e \ =I_2$$
অথবা, $$Cr_2O_7^{=}+14H^{+} \quad +6e \ =2Cr^{+++}+7H_2O$$
$$6I^{-} \qquad -6e \ =3I_2$$

যোগ করিয়া $Cr_2O_7^{--}+14H^{+}+6I^{-}=2Cr^{+++}+3I_2+7H_2O$

4.21 ধাতুর তড়িৎ বিভবশ্রেণী বা তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী (Electro-potential series of metals)

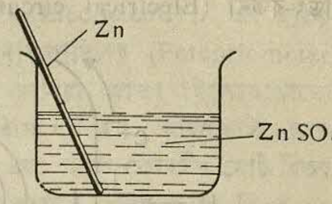
আমরা পূর্বে জানিতে পারিয়াছি যে, কোন মৌলের জারণ হইলে মৌল-কর্তৃক ইলেকট্রন বর্জিত হয় এবং কোন মৌলের বিজারণ হইলে মৌল-কর্তৃক ইলেকট্রন গৃহীত হয়। আবার আমরা ইহাও লক্ষ্য করিয়াছি যে, সাধারণত ধাতুগুলির (অধাতু হাইড্রোজেনসহ) ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা বেশি। ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতার উপর ভিত্তি করিয়া আমরা ধাতুগুলিকে একটি শ্রেণীতে সজ্জিত করিতে পারি। **এই শ্রেণীকেই বলা হয় তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী।** যে-ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগ করিবার ক্ষমতা যত বেশি তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে সেই ধাতুর স্থান তত উপরে। যে-ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রবণতা তুলনামূলকভাবে বেশি সেই ধাতুকে তুলনামূলকভাবে বেশি তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু বলা হয়। সুতরাং তড়িৎ ধনাত্মক ধর্মের ভিত্তিতে ধাতুগুলিকে ক্রমহ্রাসমান তড়িৎ ধনাত্মকতা অনুসারে সাজাইলে যে-ধাতুশ্রেণী পাওয়া যায় সেই শ্রেণীবদ্ধ ধাতুগুলিকে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী (Electro chemical series of metals) বলা হয়।

এখন প্রশ্ন হইল যে, কোন্ ধাতু কতটা তড়িৎ ধনাত্মক তাহা কিভাবে বুঝা যাইবে। ইহা বুঝিতে হইলে ইলেকট্রোড বিভব বা তড়িদ্দ্বার-বিভব (Electrode potential) সম্বন্ধে জানিতে হইবে। তড়িদ্দ্বার-বিভব দুই রকম হইতে পারে—(a) জারণ বিভব (Oxidation potential) এবং (b) বিজারণ-বিভব (Reduction potential)। তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে ধাতুগুলি সাধারণত উহাদের জারণ-বিভবের ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে সজ্জিত করা থাকে। কোন ধাতুকে উহার একটি লবণের দ্রবণে আংশিকভাবে নিমজ্জিত করিলে তড়িদ্দ্বার-বিভব সৃষ্টি হয়।

4.22 তড়িদ্দ্বার-বিভব (Electrode Potential)

যদি একটি জিঙ্ক দণ্ড জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে আংশিকভাবে নিমজ্জিত করা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, দ্রবণের সাপেক্ষে জিঙ্ক দণ্ডটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হইয়াছে। ইহা সম্ভব যদি জিঙ্ক দণ্ড হইতে Zn^{++} দ্রবণে দ্রবীভূত হয় ($Zn \rightarrow Zn^{++}+2e$)। তাহা হইলে জিঙ্ক দণ্ডে ইলেকট্রনের আধিক্য ঘটিবে এবং উহা

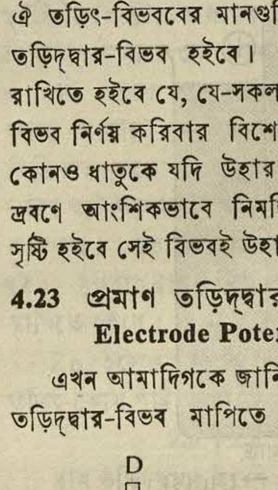
ঋণাত্মক হইবে। বাস্তবক্ষেত্রে তাহাই ঘটে। জিঙ্ক দণ্ডটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হওয়ার ফলে Zn^{++} আয়নগুলি উহার নিকটেই একটি ধনাত্মক আধানের স্তর সৃষ্টি করে। সুতরাং দুইটি তড়িৎ আধানের স্তর সৃষ্টি হয়। (a) জিঙ্ক দণ্ডের উপর ঋণাত্মক আধানের স্তর এবং (b) উহার নিকটেই ধনাত্মক আধানের স্তর। আমরা জানি যে, এই রকম দুইটি স্তরের মধ্যে তড়িৎ-বিভব সৃষ্টি হইবে। এই ক্ষেত্রে এই বিভবই ইহার তড়িদ্দ্বার-বিভব। অনুরূপভাবে অন্যান্য যে-কোন ধাতুকে যদি উহার লবণের দ্রবণে আংশিকভাবে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয় তাহা হইলে প্রত্যেক ক্ষেত্রেই একটি তড়িৎ-বিভবের সৃষ্টি হইবে। ঐ তড়িৎ-বিভবের মানগুলি ঐ সকল ধাতুর তড়িদ্দ্বার-বিভব হইবে। এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে যে, যে-সকল ধাতু জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তাহাদের তড়িদ্দ্বার বিভব নির্ণয় করিবার বিশেষ ব্যবস্থা আছে। 25°C এবং এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কোনও ধাতুকে যদি উহার একটি লবণের এক মোলার দ্রবণে বা এক আণবমাত্রা দ্রবণে আংশিকভাবে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয় তখন উহাতে যে-তড়িৎ-বিভব সৃষ্টি হইবে সেই বিভবই উহার **প্রমাণ তড়িদ্দ্বার-বিভব** (চিত্র 4.1)।



চিত্র 4.1

4.23 প্রমাণ তড়িদ্দ্বার-বিভব নির্ণয় (Determination of Standard Electrode Potential)

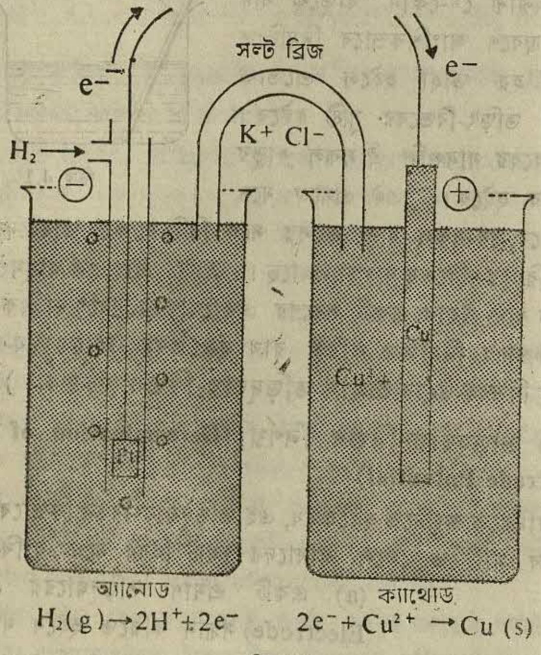
এখন আমাদিগকে জানিতে হইবে যে, এই তড়িদ্দ্বার-বিভব কিভাবে মাপা হয়? তড়িদ্দ্বার-বিভব মাপিতে গেলে আমাদের দুইটি বিষয় মনে রাখিতে হইবে। (a) একটি প্রমাণ তড়িদ্দ্বারের (Standard Electrode) সন্ধান করিতে হইবে যাহার বিভব জানা আছে এবং (b) প্রমাণ তড়িদ্দ্বারের সাপেক্ষে একই ভৌত অবস্থায় বিভিন্ন ধাতুর প্রমাণ তড়িদ্দ্বার-বিভব মাপিতে হইবে। প্রমাণ তড়িদ্দ্বার হিসাবে সাধারণত হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বার (Hydrogen electrode) ব্যবহার করা হয়। একটি প্লাটিনামের পাতের উপর তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্লাটিনাম-ব্লাক-এর স্তর (সূক্ষ্ম প্লাটিনামের স্তর) সৃষ্টি করা হয়। অতঃপর এই প্লাটিনামের পাতকে অতি বিশুদ্ধ আণবমাত্রার (one molar) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে নিমজ্জিত করা হয় এবং এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস পাতটির উপর



চিত্র 4.2 H_2 গ্যাস C-এর মধ্য দিয়া A পাত্রে প্রবেশ করিয়া B ছিদ্রের সাহায্যে অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিয়া সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়। D হইল প্লাটিনাম ইলেকট্রোড

পাঠান হয়। প্লাটিনাম ব্লাক প্রচুর পরিমাণে হাইড্রোজেন শোষণ করে এবং

হাইড্রোজেনকে $\frac{1}{2}H_2 e \rightleftharpoons H^+$,এই সাম্য প্রতিষ্ঠা করিতে সাহায্য করে। সুতরাং আমরা একটি ইলেকট্রোড বা তড়িদ্দ্বার পাই যাহার নাম **হাইড্রোজেন ইলেক-ট্রোড বা হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বার** (চিত্র 4.2)। এই তড়িদ্দ্বারে তড়িদ্দ্বার-বিভব যে-কোন উষ্ণতায় সমান। ইহার মান শূন্য ('0') ধরিয়া লওয়া হয়। এই হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডকে অন্য একটি ধাতব ইলেকট্রোডের সঙ্গে যুক্ত করিয়া তড়িৎ-বর্তনী (Electrical circuit) পূর্ণ করিলে আমরা ধাতব ইলেকট্রোডের



চিত্র 4.3

তড়িৎ-বিভব নির্ণয় করিতে পারিব। সাধারণত প্রমাণ তড়িৎ-বিভবগুলি 25° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা এবং এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং একক গ্রাম আণবিক গাঢ়ত্বের আয়নীয় দ্রবণ লইয়া নির্ণয় করা হয়।

তড়িৎ-বর্তনী পূর্ণ করিবার জন্য সল্ট ব্রিজ-এর (Salt Bidge) সাহায্য লওয়া হয়। ইহা তড়িৎ-পরিবহণে সাহায্য করে। সল্ট ব্রিজ দ্বারা কিভাবে তড়িৎ-বর্তনী পূর্ণ করা হয় তাহা 4.3 নং চিত্রে দেখান হইল।

[**সল্ট ব্রিজ :** চিত্রানুযায়ী দুই প্রান্ত প্রায় সমকোণে বাঁকান একটি সরু কাচ নল লওয়া হয়। 'আগর আগর'-নামক একটি পদার্থ KCl এবং জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া গরম করিলে স্বচ্ছ কলয়ডীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে উল্লিখিত কাচনলের অভ্যন্তরে লইয়া নলের বাহিরে শীতল জল ঢালিলে দ্রবণটি জমিয়া শক্ত হইয়া যায় এবং তড়িৎ পরিবাহী হিসাবে কাজ করে। K^+ এবং Cl^- তড়িৎ-

পরিবহণে সাহায্য করে। পরে ইহাকে উল্টাইয়া দুইটি তড়িদ্দ্বারে ডুবান হয় যাহাতে তড়িৎ-বর্তনী সম্পূর্ণ হয়। জমিয়া যাওয়ার ফলে নল মধ্যস্থিত পদার্থ ইলেকট্রোডের দ্রবণের সহিত মিশ্রিত হইতে পারে না। 'আগর আগর' হইল একপ্রকার সমুদ্রজাত শৈবালশ্রেণীর উদ্ভিদ। ইহা প্রায় বর্ণহীন।]

সুতরাং একটি ধাতব ইলেকট্রোড প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের সহিত সংযুক্ত করিলে আমরা একটি তড়িৎ-কোষ পাইব (Elecric cell)। এই তড়িৎ-কোষের তড়িৎ-চালক বল (e. m. f.) পোটেনসিয়োমিটার (Potentiometer) বা ভোল্টমিটারের (Voltmeter) সাহায্যে জানিয়া ধাতব ইলোকট্রোডের ইলেকট্রোড-বিভব বা তড়িদ্দ্বার-বিভব বাহির করিতে পারিব। কারণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের ইলেকট্রোড-বিভব জানা আছে এবং তড়িৎ-কোষটির মোট বিভব, দুইটি ইলেকট্রোডের জারণ-বিভবের বিয়োগফলের সমান। অথবা জারণ-বিভব এবং বিজারণ-বিভবের যোগফলের সমান।

এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে যে, একটি তড়িৎ-কোষের যে-দুইটি তড়িদ্দ্বার আছে তাহার একটিতে জারণ এবং অন্যটিতে বিজারণ ঘটে। এই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত শক্তি তড়িৎ-শক্তি হিসাবে ধরা পড়ে। যে-ইলেকট্রোডে জারণ ঘটে তাহার বিভবকে অর্থাৎ জারণ-বিভবকে ধনাত্মক চিহ্ন (+) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। স্বভাবতই বিজারণ-বিভবকে ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা (−) প্রকাশ করা হয়। সুতরাং রাসায়নিক তড়িৎ-কোষের মোট e.m.f. গণনার সময় এই চিহ্ন মনে রাখিতে হইবে।

Zn ইলেকট্রোডকে হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের সঙ্গে যুক্ত করিলে আমরা যে-তড়িৎ-কোষ পাই তাহা নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশিত করা হয়:

$$Zn \mid Zn^{+2}(M) \parallel H^{+}[M) \mid H_2Pt$$

বাম তড়িদ্দ্বারে জারণ এবং দক্ষিণ তড়িদ্দ্বারে বিজারণ ঘটে।

অন্যান্য ক্ষেত্রেও উৎপন্ন তড়িৎ রাসায়নিক কোষগুলিকে এইভাবে প্রকাশিত করা হয়। এখন ধরা যাক, আমরা Zn ইলেকট্রোডের প্রমাণ ইলেকট্রোড-বিভব ($\overset{0}{E}_{Zn/Zn^{++}}$) নির্ণয় করিতে চাই।

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, উল্লিখিত কোষের তড়িৎ-চালক বল, $\overset{0}{E}=0{\cdot}763$ ভোল্ট

$$\therefore \quad 0{\cdot}763=\overset{0}{E}_{Zn/Zn^{++}}+\overset{0}{E}_{H^{+}/\frac{1}{2}H_2}$$

$$=\overset{0}{E}_{Zn/Zn^{++}}+0 \quad \therefore \quad \overset{0}{E}_{Zn/Zn^{++}}=0{\cdot}763 \text{ Volt}$$

Li
K
Ba
Ca
Na
Mg
Al
Zn
Fe
Co
Ni
Sn
Pb
H
Cu
Ag
Au

এইভাবে বিভিন্ন ধাতব তড়িদ্দ্বারের প্রমাণ তড়িদ্দ্বার-বিভব (Standard Electrode Potential) মাপিয়া ধাতুগুলিকে উহাদের তড়িদ্দ্বার-বিভবের ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে সাজাইলে যে-ধাতুশ্রেণী

পাই তাহাই ধাতুগুলির তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী। এই শ্রেণীকে পূর্বপৃষ্ঠায় দেখানো হইল।

4.24 তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর উপযোগিতা

তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে কোন একটি ধাতুর অবস্থান জানা থাকিলে ধাতুটির রাসায়নিক বিশেষত্ব সম্বন্ধে ধারণা করা যায়। এইগুলি এক একটি করিয়া নিম্নে আলোচনা করা হইল।

(a) **বিজারণ-ক্ষমতা সম্বন্ধে ধারণা** (Idea about reducing property) : ধাতুগুলির ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রবণতা বেশি হওয়ায় ধাতুগুলির বিজারণ ধর্ম বর্তমান। তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে যে-ধাতু যত উপরে সেই ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা তত বেশি, কারণ ধাতুগুলির ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতার ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে ধাতুগুলিকে এই শ্রেণীতে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে। সুতরাং K-এর বিজারণ-ক্ষমতা Al-এর অপেক্ষা বেশি। আবার Al-এর বিজারণ-ক্ষমতা Fe অপেক্ষা বেশি, Fe-এর বিজারণ-ক্ষমতা Cu অপেক্ষা বেশি।

(b) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্বন্ধে ধারণা** (Replacement reaction) : তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে অবস্থানকারী উপরের ধাতু নিম্নে অবস্থানকারী কোন ধাতুর লবণ হইতে ধাতুটিকে প্রতিস্থাপিত করিবে। ইহাই স্বাভাবিক। কারণ উপরে অবস্থানকারী ধাতুর জারিত হওয়ার প্রবণতা নিম্নে অবস্থানকারী ধাতুর জারিত হওয়ার প্রবণতা অপেক্ষা বেশি। এই কারণে $CuSO_4$ দ্রবণে Fe চূর্ণ যোগ করিলে Fe চূর্ণের উপরে Cu-এর স্তর পড়ে এবং Fe দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। অনুরূপভাবে, $AgNO_3$ দ্রবণে যদি ধাতব Cu-এর দণ্ড নিমজ্জিত করা হয় তাহা হইলে ধাতব Cu-এর উপর ধাতব Ag-এর আস্তরণ পড়িবে। একটি তামার মুদ্রাকে Hg লবণের দ্বারা ঘর্ষণ করিলে মুদ্রাটি সাদা উজ্জ্বল বর্ণ ধারণ করিবে, কারণ উহার উপর ধাতব Hg-এর আস্তরণ পড়িবে।

একই কারণে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতুগুলি লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

$$Fe + CuSO_4 = Cu\downarrow + FeSO_4$$
$$2AgNO_3 + Cu = Cu(NO_3)_2 + 2Ag\downarrow$$
$$Cu + Hg_2Cl_2 = CuCl_2 + 2Hg\downarrow$$
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$
$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + 2H_2\uparrow$$

প্রসঙ্গক্রমে কয়েকটি বিষয় জানিয়া রাখা ভাল। আমরা বলিয়াছি যে, তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপর অবস্থিত ধাতুগুলি লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। এখন প্রশ্ন হইল ঘন অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে কি হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না? এরূপ ক্ষেত্রে অ্যাসিডটি তীব্র জারক হইলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন H_2O-তে জারিত হইয়া যায়। তাই আমরা H_2 উৎপন্ন হইতে

দেখি না। ঘন H_2SO_4 একটি তীব্র জারক পদার্থ। তাই ঘন H_2SO_4-এর ক্ষেত্রে আমরা H_2 উৎপন্ন হইতে দেখি না। লঘু H_2SO_4-এর ক্ষেত্রে উহার জারণ-ক্ষমতা কম বলিয়া H_2 উৎপন্ন হয়। HNO_3 লঘু এবং ঘন অবস্থায় তীব্র জারক পদার্থ। তাই তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরের অবস্থিত ধাতুগুলি HNO_3-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া সাধারণত H_2 উৎপন্ন করে না, কারণ উৎপন্ন হাইড্রোজেন জলে জারিত হইয়া যায়। তবে Mg, Mn ইত্যাদি কয়েকটি ধাতু অতি লঘু HNO_3-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন দেয়। $2HNO_3+Mg=Mg(NO_3)_2+H_2$। এখন অ্যাসিডটি যদি HCl হয় তবে উভয় ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে। ঘন H_2SO_4 এবং HNO_3-এর ক্ষেত্রে উৎপন্ন H_2 জারিত হয়, কারণ H_2SO_4-এর S এবং HNO_3-এর N জারণ-স্তর কমিয়া (অর্থাৎ বিজারিত হইয়া) যথাক্রমে SO_2 এবং NO_2 উৎপন্ন করে। এই বিজারণের ফলে উৎপন্ন H_2, H_2O-তে জারিত হয়। HCl-এর ক্ষেত্রে Cl-এর জারণ-স্তর -1। Cl-এর জারণ-স্তর ইহা হইতে আর কমিতে পারে না (অর্থাৎ বিজারিত হইতে পারে না), তাই H_2, H_2O-তে জারিত হইতে পারে না।

(c) **অপরাধর্মী মৌলের সহিত বিক্রিয়া সম্বন্ধে ধারণা** (Idea about reaction with electronegative elements) : তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে যে-ধাতুর অবস্থান যত উপরে সেই ধাতু তত পরাতড়িৎধর্মী হওয়ায় অক্সিজেন, ক্লোরিন, ফ্লোরিন ইত্যাদি অপরাতড়িৎধর্মী মৌলের সহিত যুক্ত হইবার প্রবণতা তত বেশি এবং উৎপন্ন যৌগগুলি তত সুস্থিত। এই কারণেই Na, K, Mg, Al ইত্যাদি ধাতুগুলির অক্সাইড এবং ক্লোরাইড যৌগগুলি খুব সুস্থিত। আমরা জানি এই ধাতুগুলি নিষ্কাশন করিতে তড়িৎ-শক্তি প্রয়োগ করিতে হয়। কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে ইহাদিগকে নিষ্কাশিত করা যায় না। (ব্যতিক্রম Mg, বিশেষ ব্যবস্থা গ্রহণ করিয়া কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Mg নিষ্কাশন করা সম্ভব) হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থানকারী ধাতুগুলির অক্সাইড খুব দুস্থিত হয়। আবার কতকগুলি ক্ষেত্রে অক্সাইড প্রস্তুত করা সম্ভব হয় না। যেমন, Au, Pt-এর অক্সাইড প্রস্তুত করা যায় না। তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে নিম্নে অবস্থানকারী ধাতুগুলির অক্সাইড যৌগ খুব দুস্থিত বলিয়া বিভিন্ন বিক্রিয়ায় ইহাদিগকে জারক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

$$2HgO=2Hg+2O$$

উৎপন্ন অক্সিজেন জারকের কাজ করে। ধাতুগুলির ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা যেমন বেশি অধাতুগুলির ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা বেশি। ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতার মান অধাতুগুলির ক্ষেত্রেও উহাদের তড়িদ্দ্বার-বিভব বা বিজারণ-বিভব-এর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অধাতুগুলিকে উহাদের বিজারণ-বিভবের ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে সাজাইলে আর একটি শ্রেণী পাওয়া যাইবে। এই শ্রেণীতে যে যত উপরে থাকিবে সে তত শক্তিশালী জারক হইবে। এই কারণে Cl, KBr হইতে Br-কে মুক্ত করিবে। অথবা Br, KI-হইতে 'I'-কে মুক্ত করিবে। কারণ Cl, Br-এর উপরে অবস্থান করে এবং Br, I-এর উপরে অবস্থান করে

$$2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2$$

অধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী নিম্নে দেওয়া হইল :

$$F > O > Cl > N > Br > I > S > Se > P > As$$

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

[জারণসংখ্যার সাহায্যে সমীকরণগুলির সমতা বিধান করিয়া অঙ্কগুলি সমাধান করিতে হয়।]

উদাহরণ 1. 25 গ্রাম PbO_2 অতিরিক্ত HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন ক্লোরিনের N. T. P.-তে আয়তন কত হইবে? (Pb=207)

সমাধান : $\overset{+4}{Pb}O_2 + 4H\overset{-1}{Cl} = \overset{0}{Cl}_2 + \overset{+2}{Pb}Cl_2 + 2H_2O$

PbO_2-এর আণবিক ওজন $=207+32=239$

239 গ্রাম PbO_2 হইতে প্রাপ্ত ক্লোরিনের N. T. P.-তে আয়তন $=22{\cdot}4$ লি.

∴ 25 " " " $=\frac{22{\cdot}4\times 25}{239}$ লি.

বা, 2·34 লিটার।

উদাহরণ 2. 1·2 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট 39·8% HCl-এর 100 মিলি. অতিরিক্ত পরিমাণ $KMnO_4$-এর সহিত বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন Cl_2-এর S. T. P.-তে আয়তন কত হইবে?

সমাধান : $16H\overset{-1}{Cl} + 2K\overset{+7}{Mn}O_4 = 2KCl + 2\overset{+2}{Mn}Cl_2 + 8H_2O + 5\overset{0}{Cl_2}$

HCl-এর আণবিক ওজন $=36{\cdot}5$

100 মিলি $HCl = 100\times 1{\cdot}2$ গ্রাম HCl

100 গ্রাম অশুদ্ধ HCl-এ বিশুদ্ধ HCl-এর পরিমাণ 39·8 গ্রাম

∴ $100\times 1{\cdot}2$ " " " " $\frac{39{\cdot}8\times 100\times 1{\cdot}2}{100}$ গ্রাম

=46 8 গ্রাম।

$16\times 36{\cdot}5$ গ্রাম HCl হইতে প্রাপ্ত Cl_2-এর N. T. P.-তে

আয়তন $5\times 22{\cdot}4$ লি.

∴ 46·8 " " " " $\frac{5\times 22{\cdot}4\times 46{\cdot}8}{16\times 36{\cdot}5}$ "

=8·97 লিটার।

উদাহরণ 3. অ্যাসিডের উপস্থিতিতে 1 গ্রাম $K_2Cr_2O_7$-কে বিজারিত করিতে প্রয়োজনীয় H_2S-এর S. T. P.-তে আয়তন কত?

সমাধান : $3H_2\overset{-2}{S} + K_2\overset{+6}{Cr}_2O_7 + 4H_2SO_4$

$= 3\overset{0}{S} + \overset{+3}{Cr}_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O$

$K_2Cr_2O_7$-এর আণবিক ওজন $=78+104+112=294$

294 গ্রাম $K_2Cr_2O_7$-কে বিজারিত করিতে প্রয়োজনীয় H_2S-এর N. T. P.-তে আয়তন $3 \times 22{\cdot}4$ লি.

$\therefore$ 1 " " " " " $\frac{3 \times 22{\cdot}4}{294}$ লিটার

$= 228\ 6$ মিলি.

উদাহরণ 4. 10 গ্রাম $FeSO_4$-এর সহিত প্রয়োজনমত $KMnO_4$ এবং H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইতে দেওয়া হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন $Fe_2(SO_4)_3$-এর পরিমাণ কত হইবে?

সমাধান : $2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4$

$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$

$FeSO_4$-এর আণবিক ওজন $= 56 + 32 + 64 = 152$

$Fe_2(SO_4)_3$ " " $= 112 + 288 = 400$

10×152 গ্রাম $FeSO_4$ হইতে উৎপন্ন $Fe_2(SO_4)_3$-এর পরিমাণ

$= 5 \times 400$ গ্রাম

$\therefore$ 10 " " " " $= \frac{5 \times 400 \times 10}{10 \times 152}$ গ্রাম

$= 13{\cdot}16$ গ্রাম

উদাহরণ 5. (a) $1{\cdot}84$ আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট $97{\cdot}5\%$ H_2SO_4-এর কত মিলি.-কে কপার-ছিবড়াসহ উত্তপ্ত করিলে N. T. P.-তে 2 লিটার SO_2 উৎপন্ন করিবে? (b) বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে অবশেষে কি পরিমাণ $CuSO_4, 5H_2O$ উপস্থিত থাকিবে?

সমাধান : $\overset{0}{Cu} + 2H_2\overset{+6}{S}O_4 = \overset{+2}{Cu}SO_4 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O$

ধরা যাক, প্রদত্ত অ্যাসিডের প্রয়োজনীয় আয়তন x মিলি.

প্রদত্ত অ্যাসিডের x মিলি. $= x \times 1{\cdot}84$ গ্রাম

100 গ্রাম প্রদত্ত অ্যাসিডে বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর পরিমাণ $= 97{\cdot}5$ গ্রাম

$\therefore$ $x \times 1{\cdot}84$ " " " " " $= \frac{97{\cdot}5 \times x \times 1{\cdot}84}{100}$ গ্রাম

$22{\cdot}4$ লিটার SO_2 উৎপন্ন হয় 2×98 গ্রাম অ্যাসিড হইতে

$\therefore$ 2 " " " $= \frac{2 \times 98 \times 2}{22{\cdot}4}$ " "

প্রশ্নানুসারে, $\frac{97{\cdot}5 \times x \times 1{\cdot}84}{100} = \frac{2 \times 98 \times 2}{22{\cdot}4}$

$x = \frac{2 \times 98 \times 2 \times 100}{97{\cdot}5 \times 1{\cdot}84 \times 22{\cdot}4} = 9{\cdot}7$ লিটার

$=$ প্রদত্ত অ্যাসিডের প্রয়োজনীয় আয়তন

(b) 2×98 গ্রাম $H_2SO_4 \equiv 1$ মোল $CuSO_4$

$\equiv 1$ মোল $CuSO_4, 5H_2O$

$\equiv 249$ গ্রাম $CuSO_4, 5H_2O$

$\therefore \frac{4\times98}{22\cdot4}$ গ্রাম $H_2SO \equiv \frac{249\times4\times98}{2\times98\times22\cdot4}$ গ্রাম $CuSO_4, 5H_2O$

$= 22\cdot23$ গ্রাম $CuSO_4, 5H_2O$

উদাহরণ 6. 50 মিলি. 1·055 (N) $KMnO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করিতে কত গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিডের প্রয়োজন ?

অক্সালিক অ্যাসিডের সংকেত $H_2C_2O_4, 2H_2O$

সমাধান : $5\overset{+1}{H_2}(C_2\overset{-2}{O_4}) + 2(\overset{+7}{Mn}\overset{-}{O_4}) + 6H^+ = 10CO_2 + 2\overset{+2}{Mn} + 8H_2O$

$\overset{+7}{Mn} + 5e \longrightarrow \overset{+2}{Mn}$

$(C_2O_4)^= \longrightarrow 2CO_2 + 2e$

অক্সালিক অ্যাসিডের আণবিক ওজন $= 126$

$\therefore$ " " তুল্যাঙ্কভার $= \frac{126}{2} = 63$

50 মিলি. 1·055 (N) $KMnO_4 \equiv 52\cdot75$ মিলি. (N) $KMnO_4$

$\equiv 52\cdot75$ মিলি. (N) অক্সালিক অ্যাসিড

$\equiv 52\cdot75\times\cdot063$ গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড

$= 3\cdot32$ গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড।

উদাহরণ 7. HCl-এর উপস্থিতিতে 0·405 গ্রাম $FeCl_2$-কে জারিত করিতে 0·125(N) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের কত মিলিলিটার প্রয়োজন হইবে ?

সমাধান : $6\overset{+2}{Fe} + (\overset{+6}{Cr_2}O_7)^= + 14\overset{+}{H} = 6\overset{+3}{Fe} + 2\overset{+3}{Cr} + 7H_2O$

$FeCl_2$-এর আণবিক ওজন $= 126\cdot8$

$\therefore$ " " তুল্যাঙ্কভার $= 126\cdot8$

0·405 গ্রাম $FeCl_2 = \frac{0\cdot405}{126\cdot8}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক $FeCl_2$

ধরা যাক, $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের নির্ণেয় আয়তন x মিলি.

$\therefore$ x মিলি. $0\cdot125(N)K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ $\equiv 0\cdot125\times x$ মিলি. (N) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ

$\equiv 0\cdot125\times x\times0\cdot001$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ।

প্রশ্নানুসারে, $0\cdot125\times x\times\cdot001 = \frac{0\cdot405}{126\cdot8}$

বা, $x = \frac{0\cdot405}{126\cdot8\times0\cdot125\times\cdot001} = 25\cdot5$

$\therefore$ নির্ণেয় আয়তন $= 25\cdot5$ মিলি.।

উদাহরণ 8. H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে 1·52 গ্রাম $FeSO_4$-কে জারিত করিতে 30 মিলি. $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের প্রয়োজন হইলে $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের মাত্রা কত?

সমাধান: $6\overset{+2}{Fe}+(\overset{+6}{Cr_2}O_7)^{=}+14\overset{+}{H}=6\overset{+3}{Fe}+2\overset{+3}{Cr}+7H_2O$

$FeSO_4$-এর আণবিক ওজন = 152

$FeSO_4$ „ তুল্যাঙ্কভার = 152

1·52 গ্রাম $FeSO_4 = \frac{1\cdot52}{152}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক $FeSO_4$

ধরা যাক্, নির্ণেয় মাত্রা $= x(N)$

30 মিলি. x (N) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ

$\equiv 30x$ মিলি. (N)$K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ

$\equiv 30x\times0\cdot001$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক $K_2Cr_2O_7$

$\equiv 30x\times0\cdot001$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক $FeSO_4$

$\therefore\ 30x\times0\cdot001=\frac{1\cdot52}{152}$

বা, $x=\frac{1\cdot52}{152\times30\times0\cdot001}=0\cdot33$

$\therefore$ নির্ণেয় মাত্রা $=0\cdot33$(N)

উদাহরণ 9. $KMnO_4$ এবং $MnSO_4$-এর বিক্রিয়া নিয়ে দেওয়া হইল:

$KMnO_4+MnSO_4+H_2O\rightarrow MnO_2+K_2SO_4+\cdots\cdots$

$KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। 500 মিলি. 0·25(N) $KMnO_4$ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম $KMnO_4$-এর প্রয়োজন হইবে?

[I. I. T. 1967]

সমাধান: $KMnO_4$-এ Mn-এর জারণসংখ্যা $=+7$

MnO_2-এ .... $=+4$

জারণসংখ্যার পরিবর্তন $=3$

$\therefore$ $KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{KMnO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{3}$

$=\frac{158}{3}=52\cdot667$

500 মিলি. 0·25(N)$KMnO_4\equiv125$ মিলি.(N)$KMnO_4$

$\equiv\frac{52\cdot667\times125}{1000}$ গ্রাম $KMnO_4$

$=6\cdot583$ গ্রাম $KMnO_4$

$\therefore$ $KMnO_4$-এর নির্ণেয় পরিমাণ $=6\cdot583$ গ্রাম

উদাহরণ 10. 0·1(N) অক্সালিক অ্যাসিডের দ্রবণের 25 মিলিলিটারকে জারিত করিতে $KMnO_4$ দ্রবণের 22 মিলিলিটার প্রয়োজন হইল। $KMnO_4$ দ্রবণটির প্রতি লিটারে কত গ্রাম $KMnO_4$ ছিল?

সমাধান : $Mn^{+7}+5e \longrightarrow Mn^{+2}$

$$(C_2O_4)^{-2} \longrightarrow 2CO_2+2e$$

ধরা যাক্, $KMnO_4$ দ্রবণের মাত্রা $=x(N)$

$$\therefore \quad 0{\cdot}1\times 25=x\times 22$$

$$x=\frac{2{\cdot}5}{22}(N)=0{\cdot}1136(N)$$

$=KMnO_4$ দ্রবণের মাত্রা

$\therefore$ $KMnO_4$ দ্রবণটিতে উপস্থিত $KMnO_4$-এর পরিমাণ

$=0{\cdot}1136\times 31{\cdot}6$ গ্রাম/লিটার

$=3{\cdot}59$ গ্রাম/লিটার

[$KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্কভার$=\frac{158}{5}=31{\cdot}6$]

সার-সংক্ষেপ

জারণের সংজ্ঞা : যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থের সহিত অক্সিজেন কিংবা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল যুক্ত হয় বা উহার অনুপাত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় অথবা যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন কিংবা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল দূরীভূত হয় বা উহার অনুপাত হ্রাসপ্রাপ্ত হয় সেই বিক্রিয়াকে জারণ বিক্রিয়া বলা হয়। অন্য কথায় জারণ হইল এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক মৌলের অথবা বিক্রিয়ক যৌগের মধ্যস্থিত কোন একটি মৌলের জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি হয়।

বিজারণের সংজ্ঞা : যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন কিংবা অন্য কোন পরাতড়িৎধর্মী মৌল যুক্ত হয় বা উহার অনুপাত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় অথবা বিক্রিয়ক পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা অন্য কোন অপরাতড়িৎধর্মী মৌল দূরীভূত হয় বা উহার অনুপাত হ্রাসপ্রাপ্ত হয়, সেই বিক্রিয়াকে বিজারণ বিক্রিয়া বলা হয়। অন্য কথায় বিজারণ হইল এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যে-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক মৌলের অথবা বিক্রিয়ক যৌগে অবস্থিত কোন একটি মৌলের জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায়।

জারণ এবং বিজারণ একই সঙ্গে ঘটে : প্রত্যেকটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলির একটি জারিত হইলে অপর একটি বিজারিত হইবে।

জারণ-বিজারণের আধুনিক সংজ্ঞা : যে-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলের পরমাণু অথবা আয়ন হইতে ইলেকট্রন অপসারিত হয় তাহাকে জারণ বলে এবং যে-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলের পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাকে বিজারণ বলা হয়।

জারক : যে-সকল বিক্রিয়ক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অন্য কোন বিক্রিয়ককে জারিত করে তাহাকে জারক বলা হয়।

বিজারক : যে-সকল বিক্রিয়ক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অন্য কোন বিক্রিয়ককে বিজারিত করে তাহাকে বিজারক বলা হয়।

জারণ-বিজারণের পুরাতন এবং আধুনিক সংজ্ঞার তুলনামূলক আলোচনা : জারণ বিজারণের পুরাতন সংজ্ঞা এবং আধুনিক সংজ্ঞার মধ্যে কোনও মৌলিক পার্থক্য নাই।

জারক বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার : জারক পদার্থের যে-ওজন এক মোল ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেই ওজন সংখ্যাকে জারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়। বিজারক পদার্থের যে-ওজন এক মোল ইলেকট্রন বর্জন করে সেই ওজন সংখ্যাকে বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়।

জারণসংখ্যা এবং জারণস্তর : জারণস্তর কোন মৌলের জারিত অবস্থা বা বিজারিত অবস্থা প্রকাশ করে। জারণস্তর যে-সংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করা হয় তাহাকে জারণসংখ্যা বলা হয়। জারণসংখ্যা ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক উভয়ই হইতে পারে। যৌগ গঠনকালে কোন মৌলের পরমাণু যদি ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাহার জারণসংখ্যা ধনাত্মক হইবে, আবার ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে তাহার জারণসংখ্যা ঋণাত্মক হইবে। জারণসংখ্যা এবং যোজ্যতা একই বস্তু নহে। জারণসংখ্যা ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক হইতে পারে কিন্তু যোজ্যতা সবসময়ে ধনাত্মক সংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

জারণসংখ্যা পরিবর্তনশীল : একই মৌলের বিভিন্ন যৌগে বিভিন্ন জারণসংখ্যা থাকিতে পারে।

জারণসংখ্যা নির্ণয় : বিভিন্ন মৌলদ্বারা গঠিত কোন যৌগ অণুতে একটি মৌল ছাড়া অপর মৌলগুলির জারণসংখ্যা জানা থাকিলে উল্লিখিত মৌলটির জারণসংখ্যা নির্ণয় সম্ভব। কারণ যৌগ অণুতে উপস্থিত মৌলগুলির জারণসংখ্যার যোগফলের মান সর্বদাই শূন্য।

জারণসংখ্যার সাহায্যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণের সমতা স্থাপন সম্ভব।

জারণসংখ্যা এবং জারক-বিজারকের তুল্যাঙ্কভার গণনা :

$$\text{জারকের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{জারকের আণবিক ওজন}}{\text{জারণসংখ্যার মোট পরিবর্তন}}$$

$$\text{বিজারকের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{বিজারকের আণবিক ওজন}}{\text{জারণসংখ্যার মোট পরিবর্তন}}$$

আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধান : ইহা করিতে হইলে (1) বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি যথাযথ জানিতে হইবে, (2) জারক পদার্থের জন্য এবং বিজারক পদার্থের জন্য আলাদাভাবে দুইটি আংশিক সমীকরণ প্রস্তুত করিতে হইবে, (3) আংশিক সমীকরণগুলিকে যথাযথ

সংখ্যার দ্বারা গুণ করিয়া যোগ করিতে হইবে, যাহাতে চূড়ান্ত সমীকরণটিতে ইলেকট্রনের উপস্থিতি না থাকে।

ধাতুর তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী : ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতার উপর ভিত্তি করিয়া ধাতুগুলিকে একটি শ্রেণীতে সজ্জিত করিয়া যে-শ্রেণী পাওয়া যায় তাহাকে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী বলা হয়।

প্রমাণ তড়িদ্দ্বার-বিভব : 25°C উষ্ণতায়, এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কোন ধাতুকে উহার আয়নের একক গাঢ়ত্বের দ্রবণে নিমজ্জিত করিলে যে-বিভব-প্রভেদ সৃষ্টি হয় তাহাকে উল্লিখিত ধাতুটির প্রমাণ তড়িদ্দ্বার-বিভব বলে।

তড়িৎ-বিভব শ্রেণী : ধাতুগুলিকে উহাদের তড়িদ্দ্বার-বিভবের ক্রম-হ্রাসমান মান অনুসারে সাজাইলে যে-ধাতু শ্রেণী পাওয়া যায় তাহাই ধাতুগুলির তড়িৎ-বিভব শ্রেণী। তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী এবং তড়িৎ-বিভব শ্রেণীর মধ্যে কোনও পার্থক্য নাই।

তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর উপযোগিতা : (a) বিজারণ ক্ষমতা সম্বন্ধে ধারণা, (b) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্বন্ধে ধারণা, (c) অপরাধর্মী মৌলের সহিত বিক্রিয়া সম্বন্ধে ধারণা।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. জারণ এবং বিজারণের পুরাতন সংজ্ঞা দাও। জারণ-বিজারণের আধুনিক সংজ্ঞা কি? [J. E. '81] জারণ-বিজারণের পুরাতন সংজ্ঞার সহিত আধুনিক সংজ্ঞার কোনও মৌলিক পার্থক্য আছে কি? দেখাও যে, জারণ এবং বিজারণ এক সঙ্গে ঘটে।

2. জারক এবং বিজারক দ্রব্য বলিতে কি বুঝ? জারক এবং বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভারের অর্থ কি? জারক অথবা বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার কি ভাবে গণনা করিবে?

3. জারণসংখ্যা বলিতে কি বুঝ? [Tripura '84] জারণসংখ্যা এবং যোজ্যতার মধ্যে পার্থক্য কোথায়? [H. S. '85] জারণস্তর বলিতে কি বুঝ? কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে দেখাও যে, একটি মৌলের জারণসংখ্যা পরিবর্তনশীল। একটি যৌগে নির্দিষ্ট কোন মৌলের জারণসংখ্যা কিভাবে নির্ণয় করিবে? উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।

4. জারণসংখ্যার সাহায্যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধান করা যায়—কয়েকটি উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।

5. আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধান কয়েকটি উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।

6. ধাতুর তড়িৎ-বিভব শ্রেণী বা তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী কি? তড়িদ্দ্বার বিভব

এবং প্রমাণ তড়িদ্বার বিভব বলিতে কি বুঝ? কোন ধাতুর প্রমাণ তড়িদ্বার-বিভব কিভাবে নির্ণয় করা হয়? হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড কি?

7. তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর উপযোগিতা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

8. টীকা লিখ: (a) জারণ-বিজারণ, (b) জারক দ্রব্য, বিজারক দ্রব্য, (c) জারক এবং বিজারক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার, (d) জারণস্তর এবং জারণসংখ্যা, (e) জারণসংখ্যা ও যোজ্যতা, (f) পরিবর্তনশীল জারণসংখ্যা, (g) ধাতুর তড়িৎ-বিভব শ্রেণী বা তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী, (h) তড়িদ্বার-বিভব এবং প্রমাণ তড়িদ্বার-বিভব, (i) হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড বা হাইড্রোজেন তড়িদ্বার।

9. (a) জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণগুলিতে সমতা সাধন কর:

(i) $KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3$

(ii) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$ [J. E. 1985, '78]

(b) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে Mn-এর জারণসংখ্যা গণনা কর:

(i) $MnSO_4$ (b) $KMnO_4$ (c) MnO_2 (d) K_2MnO_4 [H. S. '86]

(c) Br অপেক্ষা Cl অধিকতর জারক কেন? [J. E. '82, J. E. '86]

10. (a) জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা কি? [Tripura, 1980]

নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটিতে জারণ-বিজারণ ঘটিয়াছে কিনা কারণসহ ব্যাখ্যা কর:

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ [J. E. 1981]

(b) জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর:

(i) $KBr + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Br_2 + SO_2 + H_2O$

(ii) $KMnO_4 + HCl \rightarrow KCl + MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$

(iii) নিম্নলিখিত সমীকরণটির ক্ষেত্রে জারক এবং বিজারক পদার্থকে সনাক্ত কর। তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

$Cl_2 + 2I^- = 2Cl^- + I_2$ [J. E. 1979]

11. নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর:

(i) KOH-এর উপস্থিতিতে MnO_2-এর সহিত $KMnO_4$-এর বিক্রিয়া

(ii) বালি এবং কার্বনের সহিত $Ca_3(PO_4)_2$-কে উত্তপ্ত করা হইল।

(iii) $KClO_3$, H_2SO_4 এবং অক্সালিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হইল।

(iv) $K_4Fe(CN)_6$-কে ঘন H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

(v) $(NH_4)_2SO_4$-কে NO এবং NO_2-এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করা হইল।

[I. I. T. 1985]

12. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিকে সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর:

(i) $Zn + \overset{-}{NO_3} = \overset{2+}{Zn} + \overset{+}{NH_4}$

(ii) $Cr_2\overset{2-}{O_7} + C_2H_4O = C_2H_4O_2 + \overset{3+}{Cr}$

(iii) $HNO_3 + HCl = NO + Cl_2$

(iv) $\overset{3+}{Ce} + S_2\overset{2-}{O_8} = \overset{2-}{SO_4} + \overset{4+}{Ce}$

(v) $Cl_2 + OH^- = Cl^- + ClO^-$ [I. I. T. 1983]

13. (a) $P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$—এই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ?

(b) নাইট্রোজেনের সর্বনিম্ন জারণস্তর কত ?

(c) নিম্নলিখিত সমীকরণগুলিকে সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $KNO_3 + FeSO_4 + H_2SO_4$ (ঘন)=

(ii) $H_2S + K_2CrO_4 + H_2SO_4 =$

(iii) $KI + H_2SO_4$ (ঘন) + উত্তাপ =

(iv) $Mg_3N_2 + H_2O =$

(v) $Al + KMnO_4 + H_2SO_4 =$ [I. I. T. 1980]

14. (a) প্রদত্ত বিক্রিয়াগুলিতে স্থূল অক্ষর দ্বারা প্রকাশিত মৌলগুলির জারণ-সংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) $8KClO_3 + 24HCl = 8KCl + 12H_2O + 9\mathbf{Cl}_2 + 6\mathbf{Cl}O_2$

(ii) $3\mathbf{I}_2 + 6NaOH = Na\mathbf{I}O_3 + 5Na\mathbf{I} + 3H_2O$

(b) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে $Na_2S_2O_3, 5H_2O$ এবং $KBrO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার গণনা কর :

(i) $2S_2\overset{=}{O_3} + I_2 = S_4\overset{=}{O_6} + 2\overset{-}{I}$

(ii) $Br\overset{-}{O_3} + 6\overset{+}{H} + 6\overset{-}{e} = \overset{-}{Br} + 3H_2O$ [I. I. T. 1979]

15. (a) নিম্নলিখিত পদার্থগুলির ক্ষেত্রে প্রত্যেকটি মৌলের জারণসংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) BaO_2 (ii) LiH (iii) $C_2O_4^{2-}$ (iv) N_2O (v) SO_4^{2-}

(b) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সমতা বিধান কর :

(i) $MnO_2 + HCl = H_2O + MnCl_2 + Cl_2$

(ii) $CO + Fe_3O_4 = FeO + CO_2$

(iii) $PI_3 + H_2O = H_3PO_3 + HI$

(iv) $HNO_2 + HI = NO + I_2 + H_2O$

(v) $Cl_2 + IO_3^- + OH^- = IO_4^- + Cl^- + H_2O$

(vi) $HgS + HCl + HNO_3 = H_2HgCl_4 + NO + S + H_2O$

(c) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি প্রয়োজনমত সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $Cr_2O_7^{-2} + HNO_2 + H^+ = \cdots + NO_3^- + H_2O$

(ii) $Ag + NO_2^- + H^+ = Ag^+ + \cdots + H_2O$

(iii) $H_2O_2+ClO_2+O\bar{H}=\cdots+O_2+H_2O$ [I. I. T. 1978]

16. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $Mn^{2+}+PbO_2 \longrightarrow MnO_4^-+H_2O$

(ii) $S+OH^- \longrightarrow S^{2-}+S_2O_3^{2-}$

(iii) $ClO_3^-+I^-+H_2SO_4 \longrightarrow Cl^-+HSO_4^-$

(iv) $Ag^++AsH_3 \longrightarrow H_3AsO_3+H^+$ [I. I. T. 1986]

17. (a) উদাহরণসহ জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও। [Tripura 1985] দেখাও যে, জারণ ও বিজারণ যুগপৎ ঘটে। [Tripura 1981, 1985]

(b) $KMnO_4$ এবং C_2H_4 যৌগে Mn এবং C-এর জারণসংখ্যা গণনা কর। [H. S. 1978, Tripura, '81, '83]

(c) $KClO_3$ যৌগে Cl-এর জারণসংখ্যা কত ? [H. S. 1979]

(d) Cr_2O_3, K_2CrO_4, $K_2Cr_2O_7$-এ Cr-এর জারণসংখ্যা কত ? [Tripura, 1981, 1984]

(e) MnO_2, $MnSO_4$ যৌগে Mn-এর জারণসংখ্যা নির্ণয় কর। [Tripura, 1983]

18. জারণসংখ্যা বলিতে কি বুঝ ? [Tripura '84, H. S. '85] NH_3, $NaNO_2$ ও $NaNO_3$-এ নাইট্রোজেনের জারণসংখ্যা কত ? নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি জারণসংখ্যার সাহায্যে সম্পূর্ণ কর :

(i) $H_2S+FeCl_3 \longrightarrow FeCl_2+HCl+S$

(ii) $S+HNO_3 \longrightarrow H_2SO_4+NO_2+H_2O$ [Tripura, 1982]

(iii) $HI+H_2SO_4 \longrightarrow I_2+SO_2+H_2O$

(iv) $H_2S+HNO_3 \longrightarrow S+NO+H_2O$ [Tripura, 1984]

(v) $H_2S+SO_2 \longrightarrow S+H_2O$

(vi) $Cu+HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2+NO_2+H_2O$ [Tripura, '85]

19. (a) CO_2 এবং CH_4 এই দুইটি যৌগে কার্বনের জারণসংখ্যা বাহির কর। জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণটি সম্পূর্ণ কর :

(i) $C+H_2SO_4 \longrightarrow CO_2+SO_2+H_2O$ [H. S. 1984]

(b) $H_2S+SO_2 \longrightarrow S+H_2O$ সমীকরণটির সমতা বিধান কর।

Zn, $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে Ag-কে মুক্ত করে কিন্তু Ag, $Zn(NO_3)_2$ দ্রবণ হইতে Zn-কে মুক্ত করিতে পারে না কেন ? [H. S. 1985]

20. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $NH_3+Cl_2 \rightarrow \cdots+NH_4Cl$

(ii) $HgCl_2+H_3PO_3+H_2O \rightarrow \cdots+HCl+H_3PO_4$

(iii) $Na_2S_2O_3 + HCl \rightarrow NaCl + \cdots + \cdots$

(iv) $NaIO_3 + NaHSO_3 \rightarrow \cdots + NaHSO_4 + \ldots$

(v) $Sn + HNO_3$ (ঘন) $\rightarrow \cdots + NO_2 + H_2O$

21. (a) জারণসংখ্যা কি? PH_3, H_3PO_3 এবং Na_3PO_4-এ P-এর জারণসংখ্যা নির্ণয় কর। জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(i) $FeCl_3 + H_2S \longrightarrow FeCl_2 + HCl + S$ [H. S. 1986]

(ii) $C + H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$ [Tripura, 1986]

22. জারণসংখ্যা বলিতে কি বুঝ? বিজারণ কি? ইহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি? জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(i) $H_2S + SO_2 \rightarrow S + H_2O$ (ii) $FeS_2 + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2$

[H. S. 1980]

23. (a) Pb-এর কোন যৌগের দ্রবণে Zn যোগ করিলে Pb অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু Zn-এর কোন যৌগের দ্রবণে Pb যোগ করিলে Zn অধঃক্ষিপ্ত হয় না কেন? (b) পরীক্ষাগারে H_2 এবং H_2S প্রস্তুতির সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়া দুইটির মধ্যে কোন্‌টি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া এবং কেন? (c) জারণসংখ্যার পরিবর্তনের সহিত কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার পরিবর্তিত হয়—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। (d) $S + H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + H_2O$ এই বিক্রিয়াটি জারণসংখ্যার সাহায্যে সম্পূর্ণ কর। [H. S. 1981]

24. (a) উদাহরণসহ জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও এবং দেখাও যে, জারণ-বিজারণ যুগপৎ ঘটে। (b) দেখাও যে, একই মৌলের জারণ-সংখ্যা একটি যৌগে ধনাত্মক এবং অপর একটি যৌগে ঋণাত্মক হইতে পারে। (c) জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণটি সম্পূর্ণ কর :

$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$ [H. S. 1982]

25. (a) নিম্নলিখিত বিক্রিয়া দুইটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া কিনা বল :

(i) $Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$

(ii) $MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$

(b) তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে H, Cu এবং Fe-এর আপেক্ষিক অবস্থানের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। [H. S. 1983]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে S-এর জারণসংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) SO_2 (ii) H_2S (iii) Na_2SO_3 (iv) CS_2 (v) H_2SO_4 (vi) As_2S_3

2. নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে Cr-এর জারণসংখ্যা কত ?

(i) K_2CrO_4 (ii) Cr_2O_3 (iii) $Fe(CrO_2)_2$ (iv) $K_2Cr_2O_7$
(v) $Cr_2(SO_4)_3$, $Na_3[Cr(OH)_6]$

3. নিম্নলিখিত যৌগগুলির ক্ষেত্রে Sb, Ti, I, S, Fe, N এবং Ge-এর জারণসংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) Sb_4O_6 (ii) $K_2Ti_2O_5$ (iii) H_5IO_6 (iv) $S_2O_5Cl_2$
(v) $BaFeO_4$ (vi) N_2H_4 (vii) O_2NF (viii) Mg_2GeO_4

4. নিম্নলিখিত আয়নগুলির ক্ষেত্রে Pb, Sn, Re, Xe, Bi, N, Mo এবং W-এর জারণসংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) $(PbCl_4)^{2-}$ (ii) $Sn_2F_5^-$ (iii) ReO_4^- (iv) $HXeO_4^-$ (v) BiO^+
(vi) NH_3OH^+ (vii) $(Mo_6Cl_8)^{4+}$ (viii) $(H_2W_{12}O_{40})^{6-}$

5. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে কোন্‌টি জারণ এবং কোন্‌টি বিজারণ বল :

$S \rightarrow SO_4^{2-}$; $S \rightarrow S^{2-}$; $Sn \rightarrow Sn^{4+}$; $K \rightarrow K^+$; $Br_2 \rightarrow 2Br^-$; $2H^+ \rightarrow H_2$;
$H_2 \rightarrow 2H^-$; $V^{2+} \rightarrow VO_3^-$; $Cl^- \rightarrow ClO_3^-$; $IO_3^- \rightarrow I_2$; $MnO_4^- \rightarrow MnO_4^{2-}$

6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে কোন্‌গুলিতে N জারিত এবং কোন্‌গুলিতে N বিজারিত হইয়াছে ? প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে N-এর জারণসংখ্যা কিভাবে পরিবর্তিত হইয়াছে দেখাও।

$NH_4^+ \rightarrow N_2$; $NO_3^- \rightarrow NO$; $NO_2^- \rightarrow NO_3^-$, $NO_2 \rightarrow NO_2^-$

7. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌গুলি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ?

(i) $H_2 + Br_2 = 2HBr$ (ii) $NH_4Cl = NH_3 + HCl$
(iii) $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$
(iv) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 = K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$
(v) $H_3BO_3 + 4HF = HBF_4 + 3H_2O$ (vi) $Fe + S = FeS$

8. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে জারক এবং বিজারককে সনাক্ত কর :

(i) $SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$
(ii) $Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$
(iii) $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$
(iv) $3I_2 + 6KOH = KIO_3 + 5KI + 3H_2O$

9. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে কোন্‌গুলি আন্তরাণবিক, সমআণবিক এবং স্ব-জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ?

(i) $4KMnO_4 + 4KOH = 4K_2MnO_4 + O_2 + 2H_2O$
(ii) $H_2SO_3 + 2H_2S = 3S + 3H_2O$

(iii) $NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$

(iv) $4P + 3KOH + 3H_2O = PH_3 + 3KH_2PO_2$

(v) $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

(vi) $2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

10. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌গুলি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ?

(i) $Cr_2(SO_4)_3 + 6RbOH = 2Cr(OH)_3 + 3Rb_2SO_4$

(ii) $2Rb + 2H_2O = 2RbOH + H_2$

(iii) $2CuI_2 = 2CuI + I_2$

(iv) $NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_3 + H_2O$

(v) $2K_4[Fe(CN)_6] + Br_2 = 2K_3[Fe(CN)_6] + 2KBr$

11. নিম্নলিখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াগুলিতে কোন্‌গুলি স্ব-জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ?

(i) $S + KOH \rightarrow K_2SO_3 + K_2S + H_2O$ (ii) $Au_2O_3 \rightarrow Au + O_2$

(iii) $HCl + Cr_2O_3 \rightarrow CrCl_3 + Cl_2 + H_2O$

(iv) $HClO_3 \rightarrow ClO_2 + HClO_4$

(v) $N_2H_4 \rightarrow N_2 + NH_3$ (vi) $AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$

12. H_2O জারিত হইয়া (i) $O_2, \overset{+}{H}$ (ii) $H_2, \overset{-}{OH}$ (iii) $2\overset{-}{OH}$ উৎপন্ন হইল। উৎপন্ন যৌগগুলিকে সনাক্ত কর।

13. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌গুলিতে অক্সিজেন বিজারক হিসাবে বিক্রিয়া করিতেছে ?

(i) $Ag_2O \rightarrow Ag + O_2$ (ii) $F_2 + H_2O \rightarrow HF + O_2$

(iii) $NH_3 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$

(iv) $AgNO_3 + KOH + H_2O_2 \rightarrow Ag + KNO_3 + O_2$

14. পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাহায্য লইয়া নিম্নলিখিত পরমাণু এবং আয়নগুলি জারক হইবে কিনা বল :

$Na, \overset{+}{Na}, \overset{-2}{O}, \overset{0}{I}, \overset{-}{F}, \overset{+}{H}, \overset{-1}{NO_2}$ এবং $\overset{-1}{H}$

15. নিম্নলিখিত আয়নগুলির কোন্‌গুলি বিজারক এবং কোন্‌গুলি বিজারক নহে ? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখাও।

$Cu^{2+}, Sn^{2+}, Cl^-, VO_3^-, S^{2-}, Fe^{2+}, WO_4^{2-}, IO_4^-, Al^{3+}, Hg^{2+}, Hg_2^{2+}$

16. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির মধ্যে কোন্‌গুলি জারক এবং বিজারক ?

$H_2S, SO_2, CO, Zn, F_2, NaNO_2, KMnO_4, HOCl, H_3SbO_3$

17. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌গুলিতে H_2O_2 জারক এবং কোন্‌গুলিতে বিজারক হিসাবে কাজ করিতেছে ?

(i) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$

(ii) $PbO_2 + H_2O_2 \rightarrow Pb(OH)_2 + O_2$

(iii) $KClO_3 + H_2O_2 \rightarrow KCl + O_2 + H_2O$

(iv) $KMnO_4 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2 + KOH + O_2 + H_2O$

18. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌গুলিতে হাইড্রাজিন (N_2H_4) জারক এবং কোন্‌গুলিতে বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করিতেছে ?

(i) $N_2H_4 + 4AgNO_3 + 4KOH = N_2 + 4Ag + 4KNO_3 + 4H_2O$

(ii) $N_2H_4 + Zn + KOH + 2H_2O = 2NH_3 + K_2[Zn(OH)_4]$

প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে নাইট্রোজেনের জারণসংখ্যার কিভাবে পরিবর্তিত হইতেছে ?

19. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির আংশিক অথবা আয়নীয় সমীকরণ লিখ এবং বল যে, কোন্‌গুলির ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন জারক এবং কোন্‌গুলির ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করিতেছে :

(i) $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$ (ii) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

(iii) $2Na + H_2O = 2NaOH + H_2$

(iv) $BaH_2 + 2H_2O = Ba(OH)_2 + 2H_2$

20. নিম্নলিখিত মাধ্যমে সংঘটিত বিক্রিয়াগুলির রাসায়নিক সমীকরণে সমতা বিধান কর :

(i) অ্যাসিড মাধ্যম (a) $NO_3^- \rightarrow NO_2$ (b) $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$

(c) $Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$

(ii) প্রশম মাধ্যম (a) $NO_2^- \rightarrow NO_3^-$

(b) $MnO_4^- \rightarrow MnO_2$ (c) $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$

(iii) ক্ষারকীয় মাধ্যম (a) $CrO_2 \rightarrow CrO_4^{2-}$

(b) $Al \rightarrow AlO_2^-$ (c) $NO_3^- \rightarrow NH_3$

21. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ কর :

(i) $Mn(OH)_2 + Cl_2 + KOH = MnO_2 +$

(ii) $MnO_2 + O_2 + KOH = K_2MnO_4 +$

(iii) $FeSO_4 + Br_2 + H_2SO_4 =$

(iv) $NaAsO_2 + I_2 + NaOH = Na_3AsO_4 +$

22. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে ঘন HNO_3 জারক হিসাবে ক্রিয়া করিতেছে। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(i) $C + HNO_3 \rightarrow CO_2 +$

(ii) $Sb + HNO_3 \rightarrow HSbO_3 +$

(iii) $Bi + HNO_3 \rightarrow Bi(NO_3)_2 +$

(iv) $PbS + HNO_3 \rightarrow PbSO_4 + NO_2 +$

23. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে ঘন H_2SO_4 জারক হিসাবে ক্রিয়া করিতেছে। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর :

(i) $HBr + H_2SO_4 \rightarrow Br_2 +$ (ii) $S + H_2SO_4 \rightarrow SO_2 +$
(iii) $Mg + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 +$

24. নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর :

(i) $KI + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow I_2 +$ (ii) $KI + CuCl_2 \rightarrow CuCl +$
(iii) $SnCl_2 + HgCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2 +$

25. নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর :

(i) $HBr + KMnO_4 \rightarrow MnBr_2 +$ (ii) $HCl + CrO_3 \rightarrow Cl_2 +$
(iii) NH_3 (অতিরিক্ত) $+ Br_2 \rightarrow N_2 +$ (iv) $Cu_2O + HNO_3 \rightarrow NO +$

26. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিকে আয়নীয় আকারে লিখিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $K_2S + K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow S +$
(ii) $NO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow KNO_3 +$
(iii) $KI + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 +$
(iv) $Ni(OH)_2 + NaClO + H_2O \rightarrow Ni(OH)_3 +$
(v) $Zn + H_3AsO_3 + H_2SO_4 \rightarrow AsH_3 +$

27. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সমতা বিধান করিয়া H_2O_2-এর ভূমিকা সম্বন্ধে তোমার বক্তব্য জানাও :

(i) $PbS + H_2O_2 \rightarrow$ (ii) $HClO + H_2O_2 \rightarrow HCl +$
(iii) $KI + H_2O_2 \rightarrow$ (iv) $KMnO_4 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2 +$
(v) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 +$ (vi) $PbO_2 + H_2O_2 \rightarrow O_2 +$

28. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর। এই বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে যে পদার্থগুলি একবার জারক এবং একবার বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করিতেছে তাহাদিগকে সনাক্ত কর।

(i) $KI + KNO_2 + CH_3COOH \rightarrow NO +$
$KMnO_4 + KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow KNO_3 +$
(ii) $H_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 +$
$H_2SO_3 + H_2S \rightarrow S +$
(iii) $Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 +$
$Cl_2 + I_2 + H_2O \rightarrow HIO_3 +$

29. নিম্নলিখিত স্ব-জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ কর :

(i) $I_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow Ba(IO_3)_2 +$ (ii) $K_2SO_3 \rightarrow K_2S +$
(iii) $HClO_3 \rightarrow ClO_2 +$ (iv) $P_2O_3 + H_2O \rightarrow PH_3 +$
(v) $P + KOH + H_2O \rightarrow KH_2PO_2 + PH_3$

30. সমআণবিক জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :

(i) $CuI_2 \rightarrow CuI + I$ (ii) $Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbO + NO_2 +$

(iii) $KClO_3 \rightarrow KCl +$ (iv) $NH_4NO_2 \rightarrow N_2 +$

(v) $KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 +$

31. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে বিজারক দ্রব্যের দুইটি মৌলই জারিত হইতেছে। বিক্রিয়ায় সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $Cu_2S + HNO_3$ (ঘন) $\rightarrow H_2SO_4 +$ (ii) $FeS_2 + O_2 \rightarrow$

(iii) $FeSO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 +$

32. নিম্নলিখিত আয়নীয় সমীকরণগুলিকে সম্পূর্ণ করিয়া আণব সমীকরণে রূপান্তরিত কর :

(i) $C_2O_4^{2-} + I_2 \rightarrow CO_2 +$ (ii) $IO_3^- + SO_2 + H_2O \rightarrow$

(iii) $BiO_3^- + Cr^{3+} + H^+ \rightarrow Bi^{3+} + Cr_2O_7^{2-} +$ (iv) $MnO_4^- + I^- + H_2O \rightarrow$

(v) $HPO_2^{2-} + Hg^{2+} + H_2O \rightarrow Hg +$ (vi) $P + IO_3^- + OH^- \rightarrow$

(vii) $PCl_3 + ClO_3^- + H_2O \rightarrow$

33. নিম্নলিখিত আণব সমীকরণগুলিকে সম্পূর্ণ করিয়া আয়নীয় সমীকরণে রূপান্তরিত কর :

(i) $FeSO_4 + O_2 + H_2O \rightarrow$

(ii) $P + KMnO_4 + H_2O \rightarrow KH_2PO_4 + K_2HPO_4 +$

(iii) $FeS_2 + HNO_3$ (ঘন) $\rightarrow H_2SO_4 +$

(iv) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 +$ (v) $NaClO_3 + H_2S \rightarrow H_2SO_4 +$

(vi) $KCrO_2 + Br_2 + KOH \rightarrow$

(vii) $MnSO_4 + (NH_4)_2S_2O_8 + H_2SO_4 \rightarrow HMnO_4 +$

33. জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর :

(a) (i) $H_2O + MnO_4^- + ClO_2^- \rightarrow MnO_2 + ClO_4^- + OH^-$

(ii) $H^+ + Cr_2O_7^{2-} + H_2S \rightarrow Cr^{3+} + S + H_2O$

(iii) $H^+ + IO_3^- + SO_3^{-2} \rightarrow I_2 + SO_4^{2-} + H_2O$

(iv) $H_2O + P_4 + HOCl \rightarrow H_3PO_4 + Cl^- + H^+$

(v) $OH^- + Cl_2 \rightarrow ClO_3^- + Cl^- + H_2O$

(b) (i) $Cu + H^+ + NO_3^- \rightarrow Cu^{2+} + NO + H_2O$

(ii) $H_2O + NiO_2 + Fe \rightarrow Ni(OH)_2 + Fe(OH)_3$

(iii) $PbS + H_2O_2 \rightarrow PbSO_4 + H_2O$

(iv) $PbO_2 + HI \rightarrow PbI_2 + I_2 + H_2O$

(v) $H_2O + CrI_3 + Cl_2 \rightarrow CrO_4^{2-} + IO_3^- + H^+$

34. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি অ্যাসিড দ্রবণে সংঘটিত হয়। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $HgI_4^{2-} + N_2H_4 \rightarrow Hg + I^- + N_2$

(ii) $AsH_3 + Ag^+ \rightarrow As_4O_6 + Ag$

(iii) $NO + NO_3^- \rightarrow N_2O_4$

(iv) $MnO_4^- + HCN + I^- \rightarrow Mn^{2+} + ICN$

(v) $S_2O_3^{2-} + IO_3^- + Cl^- \rightarrow SO_4^{2-} + ICl_2^-$

(vi) $H_3AsO_3 + MnO_4^- \rightarrow H_3AsO_4 + Mn^{2+}$

(vii) $Pb_3O_4 \rightarrow Pb^{2+} + PbO_2$

35. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি ক্ষারকীয় মাধ্যমে সংঘটিত হয়। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর :

(i) $Cr(OH)_4^- + BrO^- \rightarrow CrO_4^{2-} + Br^-$

(ii) $Al + NO_3^- \rightarrow Al(OH)_4^- + NH_3$ (iii) $P_4 \rightarrow H_2PO_2^- + PH_3$

(iv) $MnO_4^- + CN^- \rightarrow MnO_2^- + CNO^-$ (v) $S \rightarrow SO_3^{2-} + S^{2-}$

(vi) $Al + OH^- \rightarrow Al(OH)_4^- + H_2$ (vii) $S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow SO_4^{2-} + I^-$

(viii) $Br_2 \rightarrow Br^- + BrO_3^-$ (ix) $S + HO_2^- \rightarrow SO_4^{2-} + OH^-$

36. নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলির ক্ষেত্রে যৌগগুলির তুল্যাঙ্কভার উহাদের আণবিক ওজনের কত অংশ হইবে ?

(i) $KMnO_4 \rightarrow Mn^{+2}$ (ii) $CuSO_4 \rightarrow Cu^+$

(iii) $H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + 2e^-$ (iv) $H_5IO_6 \rightarrow IO_3^-$

(v) $H_5IO_6 \rightarrow Na_3H_2IO_6$ (vi) $K_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr^{3+}$

(vii) $Ca(OCl)_2 \rightarrow Cl^-$ (viii) $K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$

(ix) $FeSO_4 \rightarrow Fe^{3+}$ (x) $Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe^{2+}$

37. নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলির ক্ষেত্রে যৌগগুলির তুল্যাঙ্কভার উহাদের আণবিক ওজনের কত অংশ হইবে ?

(i) $KIO_3 \rightarrow I^-$ (ii) $Na_2S_2O_3 \rightarrow S_4O_6^{2-}$

(iii) $Mo_2O_3 \rightarrow H_2MoO_4$ (iv) $Ca(C_2O_4) \rightarrow CO_2$

38. AsH_3 এবং $AgNO_3$ পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া As_4O_6 এবং Ag উৎপন্ন করে। (i) এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে AsH_3 এবং $AgNO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার কত হইবে? (ii) 5 গ্রাম $AgNO_3$-এর সহিত কত গ্রাম AsH_3 বিক্রিয়া করিবে?

39. I_2O_5 এবং CO পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া I_2^0 এবং CO_2 উৎপন্ন করে। (i) এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে I_2O_5 এবং CO-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (ii) 2·5 গ্রাম I_2O_5-এর সহিত সম্পূর্ণ বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় CO-এর পরিমাণ কত হইবে?

40. (a) (i) $KBrO_3 \rightarrow Br^-$ (ii) $Se \rightarrow H_2SeO_3$

(iii) $Se \rightarrow H_2SeO_4$

প্রত্যেকটি বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বামদিকের বিক্রিয়কগুলির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর:

(b) Se এবং $KBrO_3$-এর বিক্রিয়ায় 1·02 গ্রাম $KBrO_3$, 0·725 গ্রাম Se-এর সহিত বিক্রিয়া করে। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন Se-যৌগটির সঙ্কেত কি হইবে?

41. মোটা অক্ষরের দ্বারা প্রকাশিত মৌলগুলির জারণসংখ্যা নির্ণয় কর:

$\mathbf{Al}_2O_3$, $H_2\mathbf{S}_2O_7$, $\mathbf{Cr}_2O_7^{2-}$, $K\mathbf{Cl}O_3$, $\mathbf{Os}O_4$, $K_2\mathbf{Ta}F_7$, $(NH_4)_6\mathbf{Mo}_7O_{24}$, $\mathbf{V}_2O_5$, $Na_2H_2\mathbf{V}_6O_{17}$, $K_2\mathbf{Pt}Cl_6$, $\mathbf{S}OBr_2$, $\mathbf{I}Cl_3$, $\mathbf{V}F_6^-$

42. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া কিনা বল:

(i) $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2 + 2H_2O$

(ii) $2Sn(OH)_3^- \rightarrow \overset{0}{Sn}(s) + Sn(OH)_6^{2-}$

(iii) $2H_2S + SO_2 \rightarrow 3\overset{0}{S} + 2H_2O$

(iv) $2CuSO_4 + SO_2 + 2KBr + 2H_2O \rightarrow 2CuBr + 2H_2SO_4 + K_2SO_4$

(v) $C_2H_4 + Br_2 \rightarrow C_2H_4Br_2$

(vi) $Si + 2KOH + H_2O \rightarrow K_2SiO_3 + 2H_2$

43. জারণসংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ করিয়া সমতা বিধান কর:

(i) $I_2 + S_2O_3^{2-} \rightarrow I^- + S_4O_6^{2-}$ (ii) $Br^- + BrO_3^- \rightarrow Br_2$

(iii) $H_2S + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{3+} + S_8^0$ (iv) $I^- + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{3+} + I_2$

(v) $IO_4^- + I^- + H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$

44. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি ক্ষারকীয় মাধ্যমে সংঘটিত হয়। বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করিয়া সমাধান কর:

(i) $I_2 \rightarrow I^- + IO_3^-$

(ii) $MnO_2 + H_2O_2 \rightarrow MnO_4^- + H_2O$

(iii) $KMnO_4 + NH_3 \rightarrow KNO_3 + MnO_2 + KOH$

(iv) $CrI_3 + KOH + Cl_2 \rightarrow K_2CrO_4 + KIO_4 + KCl$

45. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সমতা বিধান কর :

(i) $FeCr_2O_4+K_2CO_3+KClO_3 \rightarrow Fe_2O_3+K_2CrO_4+KCl+CO_2$

(ii) $CrO_4^{2-}+H^+ \rightarrow Cr_2O_7^{2-}+\cdots\cdots$

(iii) $H_2MoO_4+Zn+H_2SO_4 \rightarrow Mo_2(SO_4)_3+ZnSO_4+H_2O$

(iv) $Mn(NO_3)_2+NaBiO_3+HNO_3 \rightarrow HMnO_4+NaNO_3+Bi(NO_3)_3+H_2O$

(v) $H_2TeO_3+K_2Cr_2O_7+HCl \rightarrow H_2TeO_4+KCl+CrCl_3+H_2O$

(vi) $Au+CN^-+O_2 \rightarrow Au(CN)_2+OH^-$

(vii) $Cr(OH)_3+BrO^- \rightarrow CrO_4^{2-}+Br^-$

(viii) $HNO_3+HCl \rightarrow NO+Cl_2$

(ix) $Cl_2+OH^- \rightarrow Cl^-+ClO^-$

(x) $MnO_4^{2-}+H^+ \rightarrow MnO_2+MnO_4^-+H_2O$

(xi) $HgCl_2+KI \rightarrow HgI_2+KCl$

(xii) $KClO_3+H_2C_2O_4 \rightarrow KCl+CO_2+H_2O$

(xiii) $KMnO_4+MnO_2+KOH \rightarrow K_2MnO_4+H_2O$

(xiv) $H_2S+SO_2 \rightarrow S+H_2O$

(xv) $CrCl_3+NaOH \rightarrow Cr(OH)_3+NaCl$

(xvi) $Cr(OH)_3+NaOH+H_2O_2 \rightarrow Na_2CrO_4+H_2O$

46. নিম্নলিখিত যৌগশ্রেণীর মধ্যে কোন্ শ্রেণীতে সকল সালফার পরমাণুর জারণস্তর সমান।

(i) SO_2, $Na_2S_2O_8$, $NaHSO_3$ (ii) H_2S, H_2SO_3, $CuSO_4$

(iii) $Na_2S_2O_3$, SO_3, Na_2S (iv) $NaHSO_4$, SO_3, $H_2S_2O_7$

47. নিম্নলিখিত জটিল আয়নগুলির মধ্যে কোন্‌টিতে ধাতুর জারণস্তর শূন্য ?

(i) $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ (ii) $[CuCl_4]^{2-}$ (iii) $[Ni(CN)_4]^{4-}$ (iv) $[Fe(CN)_6]^{3-}$

48. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌গুলির ক্ষেত্রে HNO_3 জারক হিসাবে ক্রিয়া করিতেছে ?

(i) $P_4O_{10}+4HNO_3 \rightarrow 4HPO_3+2N_2O_5$

(ii) $6Fe^{2+}+8HNO_3 \rightarrow 6Fe^{3+}+2NO+4H_2O+6NO_3^-$

(iii) $CO_3^{2-}+2HNO_3 \rightarrow CO_2+H_2O+2NO_3^-$

(iv) $HNO_3+KOH \rightarrow KNO_3+H_2O$

49. নিম্নলিখিত যৌগযুগ্মগুলির কোন্‌গুলিতে Cr, Cr^{+6} অবস্থায় এবং Mn, Mn^{2+} হিসাবে বর্তমান ?

(i) Na_2CrO_4 এবং $KMnO_4$ (ii) $Cr(NO_3)_2$ এবং $MnSO_4$

(iv) $K_2Cr_2O_7$ এবং $Mn(OH)_2$ (iv) $BaCrO_4$ এবং MnO_2

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 1·26 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট 41·3% HNO_3-তে 10 গ্রাম Ag দ্রবীভূত করা হইল। (a) প্রদত্ত পরিমাণ Ag-কে দ্রবীভূত করিতে প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের আয়তন কত? (b) জারণের জন্য প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের আয়তন কত?
(উঃ। 15 মিলি.)

2. 1·2 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট 33% HNO_3-তে 5 গ্রাম পিতলকে (Zn – 30%, Cu – 70%) দ্রবীভূত করা হইল। প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের আয়তন কত? (উঃ। 32 মিলি.)

3. 100 গ্রাম NaOH আছে এমন একটি দ্রবণে অতিরিক্ত Cl_2 প্রবাহিত করিলে (a) উৎপন্ন NaOCl-এর পরিমাণ কত হইবে? (b) প্রদত্ত NaOH-কে NaOCl-এ পরিণত করিতে প্রয়োজনীয় Cl_2-এর N. T. P.-তে আয়তন কত হইবে? (উঃ। (a) 93 গ্রাম (b) 28 লিটার)

4. 50 গ্রাম KOH আছে এমন একটি উত্তপ্ত দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিরিক্ত Cl_2 গ্যাস প্রবাহিত করা হইলে উৎপন্ন $KClO_3$-এর পরিমাণ কত হইবে?
(উঃ। 18 গ্রাম)

5. (a) 1·7 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট 57% HI-এর 20 মিলিলিটারের সহিত কত গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ বিক্রিয়া করিবে? (b) এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন I_2-এর ওজন কত হইবে? (উঃ। (a) 3·18 গ্রাম, (b) 8·24 গ্রাম)

6. $FeSO_4$-এর অ্যাসিডমিশ্রিত একটি দ্রবণে 20 গ্রাম $FeSO_4$ আছে। এই দ্রবণে অতিরিক্ত HNO_3 যোগ করা হইলে (a) উৎপন্ন $Fe_2(SO_4)_3$-এর পরিমাণ কত হইবে? (b) উৎপন্ন NO গ্যাসের আয়তন S. T. P.-তে কত হইবে?
(উঃ। (a) 26·4 গ্রাম (b) 985 মিলি.)

7. 100 গ্রাম CuO-কে বিজারিত করিতে প্রয়োজনীয় NH_3 গ্যাসের N. T. P.-তে আয়তন কত? (উঃ। 18·78 লিটার)

8. 0·45 গ্রাম $H_2C_2O_4$ আছে এমন একটি দ্রবণকে জারিত করিতে 0·1(N) $KMnO_4$ দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে? (উঃ। 100 মিলি.)

9. H_2SO_4 মিশ্রিত একটি দ্রবণে 1 গ্রাম NaCl আছে। এই দ্রবণ হইতে Cl_2-কে মুক্ত করিতে 0·2N $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন?
(উঃ। 85·5 মিলি.)

10. H_2SO_4 মিশ্রিত $FeSO_4$ দ্রবণে 25·8 মিলি. 0·1235 (N) $KMnO_4$ যোগ করা হইল। ইহার ফলে কত গ্রাম $FeSO_4$ জারিত হইবে?
(উঃ। 0·484 গ্রাম)

11. H_2SO_4 মিশ্রিত KI দ্রবণে 30·5 মিলি. 0·259(N) $K_2Cr_2O_7$ যোগ করা হইলে উৎপন্ন I_2-এর ওজন কত হইবে? (উঃ। 1 গ্রাম)

12. 10 গ্রাম কপার টুকরাকে 8(N) HNO_3-তে দ্রবীভূত করিতে কত আয়তন অ্যাসিড লাগিবে? ধরিয়া লও $\bar{NO_3}$, NO-তে বিজারিত হইয়াছে। (উঃ। 52·5 মিলি.)

13. 10 গ্রাম Ag_2S-এর সহিত সম্পূর্ণ বিক্রিয়া করিতে 8(N) HNO_3-এর কত আয়তন প্রয়োজন হইবে? বিক্রিয়াটিতে $\bar{NO_3}$, NO-তে বিজারিত হইয়াছে এবং S^{-2}, $\overset{0}{S}$-তে জারিত হইয়াছে। (উঃ। 13·4 মিলি.)

14. 100 গ্রাম $KMnO_4$-এর সহিত সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার জন্য 12(N) HCl-এর কত আয়তন প্রয়োজন হইবে? বিক্রিয়ায় উৎপন্ন Cl_2-এর আয়তন 25°C উষ্ণতা এবং 750 মিলি. চাপে কত হইবে? (উঃ। 421·6 মিলি, 39·25 লিটার)

15. 25·5 মিলি 0·1535 (N) $KMnO_4$ দ্রবণকে (HCl মিশ্রিত) বিজারিত করিতে প্রয়োজনীয় H_2S-এর N. T. P.-তে আয়তন কত? (উঃ। 87·7 মিলি.)

16. অ্যাসিড মিশ্রিত $FeSO_4$ দ্রবণকে $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হইল। যদি 1 মিলি. $K_2Cr_2O_7$ 0·01 গ্রাম Fe-এর সমতুল্য (equivalent) হয় তাহা হইলে $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের মাত্রা কত? (উঃ। 0·179 N)

17. একটি $KMnO_4$ দ্রবণের প্রতি লিটারে 3 গ্রাম $KMnO_4$ বর্তমান এবং একটি H_2O_2 দ্রবণের প্রতি লিটারে 2 গ্রাম H_2O_2 বর্তমান। এই H_2O_2 দ্রবণের 20 মিলিলিটারের সহিত বিক্রিয়া করিতে প্রদত্ত $KMnO_4$ দ্রবণের কত মিলিলিটার প্রয়োজন হইবে?

বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ:

$$5H_2O_2+2KMnO_4+3H_2SO_4=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$$

(উঃ। 24·78 মিলি.)

18. অক্সালিক অ্যাসিডের সম্পৃক্ত দ্রবণের 4 গ্রাম লইয়া উহাতে জল যোগ করিয়া 100 মিলি. করা হইল। এই দ্রবণের 20 মিলিলিটারকে জারিত করিতে 32 মিলি. $(\frac{N}{10})$ $KMnO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন হইল। অক্সালিক অ্যাসিডের দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। (উঃ। 33·7)

19. লিটার প্রতি 10 গ্রাম বর্তমান এমন একটি $KMnO_4$ দ্রবণের 21 মিলি. 0·42 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড কেলাসকে জারিত করিতে পারে। অক্সালিক অ্যাসিডের কেলাসের কেলাসজল নির্ণয় কর। (উঃ। 2)

20. প্রয়োজনীয় বিকারক যোগ করিবার পর কপার লবণের দ্রবণের 20 মিলিলিটারে 2 গ্রাম KI যোগ করিয়া উৎপন্ন I_2-কে টাইট্রেট করিতে 11·2 মিলি. 0·1(N) $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হইল। দ্রবণটিতে উপস্থিত Cu^{+2}-এর পরিমাণ লিটার প্রতি কত নির্ণয় কর। (উঃ। 3·56 গ্রাম/লিটার)

———

অজৈব রসায়ন

১

ধাতু ও ধাতুবিদ্যা

(METALS AND METALLURGY)

[**Syllabus :** Ores and Minerals, Fluxes, Slags and Gangues· General principles of metallurgy including Carbon Reduction, Self-Reduction, Electrolytic Reduction and Electrorefining]

1.1 ধাতুর বৈশিষ্ট্য

স্মরণাতীত কাল হইতে মানুষ মৌলিক পদার্থগুলিকে কতগুলি ভৌত ও রাসায়নিক বৈশিষ্ট্যের ভিত্তিতে ধাতু ও অধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করিয়া আসিতেছে। অবশ্য সূক্ষ্মভাবে বিচার করিলে দেখা যায় যে, এই দুই বিভাগের মধ্যে কোন অচল অনড় নির্দিষ্ট সীমারেখা নাই। যে-সব বৈশিষ্ট্যের জন্য কোন মৌলিক পদার্থকে ধাতু বলিয়া অভিহিত করা হয় সেগুলি নিম্নরূপ।

1.2 ধাতুর ভৌত বৈশিষ্ট্য

ধাতু সাধারণত কঠিন কেলাসাকার এবং আলোক প্রতিফলনের ক্ষমতা বেশি হওয়ার জন্য ইহাদের একপ্রকার বৈশিষ্ট্যসূচক ঔজ্জ্বল্য বা ধাতব ঔজ্জ্বল্য থাকে। আঘাত করিলে ধাতু হইতে বৈশিষ্ট্যসূচক ধাতব শব্দ নির্গত হয়। তবে মার্কারি ধাতু হইলেও সাধারণ অবস্থায় তরল। সূক্ষ্ম চূর্ণে পরিণত করিলে কঠিন ধাতুগুলির ধাতব ঔজ্জ্বল্য অন্তর্হিত হয়।

ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব, গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক সাধারণত অধাতুর তুলনায় বেশি। কিন্তু সোডিয়াম বা পটাসিয়াম জল অপেক্ষা হাল্কা এবং ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব বেশি নয়। আবার কার্বন অধাতু হইলেও ইহার বিভিন্ন রূপভেদের গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক অতি উচ্চ।

দৃঢ়তা ধাতুর এক গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম। কিন্তু ইহার আকারে যান্ত্রিক বিকৃতি ঘটানো (mechanical deformation) সহজ। সেইজন্য ধাতুর মধ্যে প্রসারণশীল (ductile) ধর্ম, অর্থাৎ টানের ফলে সরু তারে পরিণত হইবার ক্ষমতা, কিংবা নমনীয় (malleable) ধর্ম, অর্থাৎ পিটাইবার ফলে পাতলা পাতে পরিণত হইবার ক্ষমতা দেখিতে পাওয়া যায়।

সাধারণত ধাতু তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী (অবশ্য গ্রাফাইট বা গ্যাস-কার্বন অধাতু হইলেও ধাতুর মত তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম)। তাপ ও তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতার তুলনামূলক বিচারে সিলভার ও কপার সর্বোৎকৃষ্ট এবং লেড ও মার্কারি নিকৃষ্টতম। উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে ধাতুর তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা কমিয়া যায় এবং উষ্ণতা হ্রাসের ফলে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

ধাতুর ভৌত ধর্মের উপরি-উক্ত বৈশিষ্ট্যগুলি তাহার আভ্যন্তরীণ গঠনের সঙ্গে

সম্পর্কিত। ধনাত্মক তড়িদাধানযুক্ত ধাতব আয়ন এবং ধাতুপরমাণু হইতে মুক্তিপ্রাপ্ত মুক্ত ইলেকট্রনের সমন্বয়ে ধাতব কেলাস গঠিত হয়। সামগ্রিকভাবে এক একটি ধাতু কেলাসকে ধাতব আয়ন দ্বারা গঠিত ল্যাটিসের (ল্যাটিস = কেলাস গঠনের ক্ষুদ্রতম একক) ফাঁকে ফাঁকে পরিপ্লব (mobile) ইলেকট্রনের সমষ্টি হিসাবে কল্পনা করা চলে। এইসব ইলেকট্রন ক্রমাগত পরমাণু হইতে পরমাণুতে, এক পরমাণুর চতুর্দিকে পরিভ্রমণ করিতে করিতে অন্য এক পরমাণুর চতুর্দিকে পরিভ্রমণ করিতে থাকে। যেহেতু ইলেকট্রনগুলি কোন নির্দিষ্ট আয়নের সহিত আবদ্ধ থাকে না তাই অতি সামান্য পরিমাণ বিভব-প্রভেদের ফলেই তাহারা নির্দিষ্ট অভিমুখে গতিশীল হইয়া তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি করে। সুতরাং, ধাতুর উত্তম তড়িৎ-পরিবাহিতার কারণ তাহার মধ্যে উপস্থিত মুক্ত ইলেকট্রন (ইলেকট্রন গ্যাস)। অবশ্য একথা ঠিক যে, ল্যাটিসের বিভিন্ন বিন্দুতে উপস্থিত আয়নগুলি সম্পূর্ণরূপে গতিহীন নয়। সেগুলি এক গড় অবস্থানের চতুর্দিকে স্পন্দিত হয়। এজন্যই উষ্ণতাবৃদ্ধি করিলে ধাতুর পরিবাহিতা কমিতে দেখা যায়। উষ্ণতা বাড়াইলে ধাতব আয়নের স্পন্দন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া ইলেকট্রন প্রবাহের পথে অতিরিক্ত বাধা সৃষ্টি করে।

ধাতুর উচ্চমাত্রার তাপ-পরিবাহিতার কারণও তাহার মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনের অবস্থিতি। সদাচলমান ইলেকট্রনগুলি অনবরত আয়নগুলির সহিত সংঘৃষ্ট হয় এবং শক্তি বিনিময় করে। সেইজন্য ধাতুদেহের কোন উত্তপ্ত অংশে আয়নের অতিরিক্ত স্পন্দন অনতিবিলম্বে পরবর্তী স্তরের আয়নের মধ্যে, তারপর তাহারও পরের স্তরের আয়নের মধ্যে এবং এইভাবে স্তর হইতে স্তরে সঞ্চালিত হয়। এই প্রক্রিয়া ধাতুদেহে অতি দ্রুত তাপীয় সাম্যাবস্থা স্থাপন করে এবং সর্বত্র একই উষ্ণতা প্রতিষ্ঠিত হয়।

ধাতুদেহ ধনাত্মক আয়ন আর মুক্ত ইলেকট্রনের সমবায়ে গঠিত, এই অনুমান ধাতু-কেলাসের বাস্তব গঠন দ্বারাও সমর্থিত হয়। ধাতু কেলাসের ল্যাটিস দুই প্রকার: (1) ঘন পুঞ্জীভূত গোলক-নির্মিত ঘনক (cube of densely packed spheres) এবং (2) ঘনপুঞ্জীভূত গোলক-নির্মিত প্রিজ্‌ম (prism of densely packed spheres)। সিলভার, গোল্ড, রেডিয়াম, প্লাটিনাম, নিকেল, অ্যালুমিনিয়াম, লেড বা আয়রন ধাতুর কেলাস প্রথম গোত্রীয়। বেরিলিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম, জিঙ্ক, ক্যাডমিয়াম, অসমিয়াম, টাইটেনিয়াম ইত্যাদির কেলাস দ্বিতীয় গোত্রের অন্তর্ভুক্ত।

ধাতুর নমনীয়তা বা প্রসারণশীলতা ধর্মও তাহার আভ্যন্তরীণ গঠনের সঙ্গে সম্পর্কিত, যে-গঠনের জন্য বাহ্যিক বল প্রযুক্ত হইলে বিভিন্ন আয়নস্তরগুলি সহজেই পরস্পর সাপেক্ষে পিছলাইয়া যাইতে পারে। পিতল (brass), ব্রোঞ্জ ইত্যাদি যে-সব ধাতুসংকরের কেলাস ল্যাটিস বিশুদ্ধ ধাতুর ন্যায় তলকেন্দ্রিক ঘনকাকার, সেই ধাতু-সংকরগুলিও অত্যন্ত নমনীয় ও প্রসারণশীল। অবশ্য যদি কোন ধাতুসংকর

প্রস্তুতির সময় সংকরকরণের জন্য ব্যবহৃত ধাতু যুক্ত হইবার ফলে মূল ধাতুটির গঠনের সমসত্ত্বতা বিনষ্ট হয়, তাহা হইলে উৎপন্ন ধাতুসংকর ভঙ্গুর হইয়া পড়ে।

1.3 ধাতুর রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য

ধাতুর প্রধান রাসায়নিক বৈশিষ্ট—ইহার পরমাণু খুব সহজেই যোজ্যতা ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়নে পরিণত হইতে পারে। এজন্য ধাতুগুলিকে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বলা হয়। বিপরীতক্রমে অধাতুর মধ্যে সাধারণত ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা দেখা যায় এবং সেগুলিকে (হাইড্রোজেন ব্যতীত) তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বলে।

রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে সাধারণ ধাতুগুলি অতি সহজে ইলেকট্রন বর্জন করে বলিয়া ইহারা শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। অবশ্য ইলেকট্রন বর্জনের ক্ষমতা সব ধাতুর সমান নয়। যে-ধাতু যত সহজে ইলেকট্রন বর্জন করে সেই ধাতু তত বেশি সক্রিয়। লেডনাইট্রেট দ্রবণে একখণ্ড জিঙ্ক ডুবাইয়া রাখিলে দেখা যায় যে, জিঙ্ক দ্রবীভূত এবং লেড অধঃক্ষিপ্ত হইতেছে।

$$Zn + Pb(NO_3)_2 = Pb + Zn(NO_3)_2$$

আয়নীয় সমীকরণ $Zn + Pb^{++} = Zn^{++} + Pb$

দ্বিতীয় সমীকরণ হইতে স্পষ্ট বুঝা যায় যে, বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া, যাহার মধ্যে Pb^{++} ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত এবং Zn ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হইয়াছে। আবার কিউপ্রিক নাইট্রেট দ্রবণে লেড নিক্ষেপ করিলে বিপরীত ঘটনা ঘটে ; লেড ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত এবং Cu^{++} ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হয়।

$$Cu^{++} + Pb = Cu + Pb^{++}$$

সুতরাং, উপরি-উক্ত তিনটি ধাতুর মধ্যে জিঙ্ক সবচেয়ে বেশি এবং কপার সবচেয়ে কম সক্রিয়। বিভিন্ন ধাতুযৌগের দ্রবণ হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করার পারস্পরিক ক্ষমতার ভিত্তিতে বহুপূর্বেই একটি তথাকথিত 'প্রতিস্থাপন সারি' প্রস্তুত করা হইয়াছিল যাহাকে বর্তমানে তড়িৎ-রাসায়নিক সারি (electrochemical series) বা তড়িচ্চালক বল সারি (electromotive force series) বলা হয়। ডানদিকে প্রদর্শিত এই সারির উপরে অবস্থিত কোন ধাতু তাহার নিম্নে স্থাপিত যে-কোন ধাতুকে তাহার যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করিতে বা আধুনিক মত অনুযায়ী বিজারিত করিতে পারে।

K
Ca
Na
Mg
Al
Mn
Zn
Fe
Ni
Sn
Pb
H_2
Cu
Hg
Ag
Au

লক্ষণীয় যে, এই সারির মধ্যে অধাতু হাইড্রোজেনকেও অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। ইহার কারণ, হাইড্রোজেন যৌগ আয়নিত হইলে সাধারণত ধনাত্মক তড়িদাধানযুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন হয়। সুতরাং পূর্বোক্ত নিয়মানুসারে কেবল যে-সব ধাতু সারিটির মধ্যে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত সেগুলিই লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম।

এই সারিতে কোন ধাতুর অবস্থান যত উচ্চে, সেই ধাতুটি তত সক্রিয়, অন্য ধাতুর আয়নের সাপেক্ষে তাহার বিজারণ ক্ষমতা ও নিজের আয়নে পরিণত হইবার ক্ষমতা তত বেশি এবং তাহার নিজের আয়নকে বিজারিত করা তত শক্ত।

ধাতুর এক অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য এই যে, ইহার অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড সাধারণত আয়নীয় যৌগ, যাহারা আয়নিত হইয়া ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড আয়ন উৎপন্ন করে। অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড আয়ন অতি সহজেই অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়নকে প্রশমিত করিয়া জলে পরিণত করিতে পারে। সেইজন্য ধাতুর অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড সাধারণত ক্ষারকীয় ধর্ম প্রদর্শন করে। যেমন,

$$(\overset{+}{Ag})_2\overset{2-}{O},\ \overset{2+}{Mg}\ \overset{2-}{O},\ (\overset{3+}{Fe})_2(\overset{2-}{O})_3,\ \overset{+}{Na}\overset{-}{OH},\ \overset{2+}{Ca}\ (\overset{-}{OH})_2$$ ইত্যাদি

অবশ্য কয়েকটি ধাতুর অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইড উভধর্মী, অর্থাৎ তাহারা একই সঙ্গে ক্ষারকীয় ও অ্যাসিড ধর্ম প্রদর্শন করিতে পারে। যেমন,

$ZnO,\ Al_2O_3,\ SnO,\ PbO$।

আবার যে-সব ধাতুর যোজ্যতা পরিবর্তনশীল, তাহাদের উচ্চতর যোজ্যতার অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড অ্যাসিডধর্মী বা অ্যাসিড হইতে পারে। যেমন,

$CrO_3,\ MnO_2,\ HMnO_4\quad [MnO_3(OH)]$ ইত্যাদি।

ধাতুর আর এক বৈশিষ্ট্য এই যে, সাধারণত তাহারা হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু সোডিয়াম বা ক্যালসিয়ামের মত তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু হাইড্রোজেন পরমাণুকে ইলেকট্রন দান করিয়া হাইড্রাইড গঠন করে। তবে এই হাইড্রাইডগুলিতে হাইড্রোজেন ঋণাত্মক আয়ন হিসাবে অবস্থান করে এবং ইহারা জলের সংস্পর্শে সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2Na+H_2=2NaH\ ;\ NaH+H_2O=NaOH+H_2$$

অন্যদিকে অধাতুর হাইড্রাইডগুলি অনেক বেশি সুস্থিত সমযোজী যৌগ এবং আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না।

জটিল যৌগ গঠন ধাতুর এমন এক বৈশিষ্ট্য যাহা অধাতুর ক্ষেত্রে কদাচিৎ দেখিতে পাওয়া যায়। যেমন, $[Ag(NH_3)_2]Cl$, $K_4[Fe(CN)_6]$ ইত্যাদি। তবে কতগুলি অধাতু যেমন বোরন বা সিলিকন অনুরূপ জটিল যৌগ গঠন করিতে পারে। যেমন, KBF_4, $H_2[SiF_6]$ ইত্যাদি।

1.4 ধাতুর শ্রেণীবিভাগ

ধর্ম ও ব্যবহারের ভিত্তিতে ধাতুগুলিকে বিভিন্নভাবে শ্রেণীবিভক্ত করা হয়। আপেক্ষিক গুরুত্বের বিচারে শ্রেণীবিভক্ত করিয়া যে-সব ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব 5-এর কম (যেমন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালু-মিনিয়াম ইত্যাদি) তাহাদিগকে 'হাল্কা ধাতুর' শ্রেণীতে এবং যাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব 5-এর বেশি (যেমন, জিঙ্ক, টিন, আয়রন, নিকেল, কপার, সিলভার, লেড ইত্যাদি) তাহাদের 'ভারী ধাতুর' শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত করা

হইয়াছে। আবার সক্রিয়তার ভিত্তিতে শ্রেণীবিভক্ত করিয়া সিলভার, গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি যে-সব ভারী ধাতু অক্সিজেন দ্বারা আক্রান্ত হয় না বরং যাহাদের অক্সাইড উত্তপ্ত হইলে বিয়োজিত হইয়া মুক্ত ধাতু উৎপন্ন করে—সেই সব তুলনামূলকভাবে কম সক্রিয় ধাতুকে বরধাতু (noble metals) এবং জিঙ্ক, টিন, আয়রন, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি তুলনামূলকভাবে বেশি সক্রিয় ভারী ধাতুকে অবর ধাতু (base metals) বলা হয়। রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্যের জন্য পর্যায় সারণীর IA শ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলিকে (সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি) ক্ষারধাতু (alkali metals) এবং IIA শ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলিকে (ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি) মৃৎক্ষার ধাতু (alkaline earth metals) নামে অভিহিত করা হয়। আবার কপার, সিলভার,গোল্ড মুদ্রা প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইত বলিয়া, উহাদের মুদ্রা ধাতু (coinage metals) নাম প্রচলিত রহিয়াছে।

1.5 প্রকৃতিতে ধাতুর অবস্থিতি (Occurrence)

গোল্ড, প্লাটিনাম, সিলভারের মত কয়েকটি অল্পসংখ্যক বরধাতুকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়। অনেক সময় সামান্য পরিমাণ কপার, মার্কারি, টিন ইত্যাদিকেও মুক্ত অবস্থায় দেখা যায়। কিন্তু অধিকাংশ ধাতুই প্রকৃতিতে বিভিন্ন যৌগরূপে অবস্থান করে। এই সব ধাতব যৌগ সাধারণত শিলার আকারে ভূগর্ভে অথবা ভূপৃষ্ঠে সঞ্চিত থাকে এবং খনন করিয়া উহাদের বাহির করা হয়। সেইজন্য এই সব প্রকৃতিজাত ধাতব যৌগকে **খনিজ** (mineral) বলে। সংগৃহীত খনিজের মধ্যে প্রথম অবস্থায় বালি, কাঁকর, মাটি ইত্যাদি বহু অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। এই সব অপদ্রব্য খনিজমল (gangue) নামে অভিহিত। বিভিন্ন অঞ্চল হইতে সংগৃহীত একই খনিজের সহিত বিভিন্ন প্রকৃতির খনিজমল বিভিন্ন পরিমাণে মিশ্রিত থাকিতে পারে।

ধাতু নিষ্কাশনের জন্য কোন ধাতুর সব খনিজ ব্যবহার করা যায় না। যে-খনিজ হইতে সহজে ও সুলভে কোন ধাতু নিষ্কাশন করা যায়, সেই খনিজকে সেই ধাতুর **আকরিক** (ore) বলে। সেইজন্য আয়রন পাইরাইটিস বা সাধারণ মাটি যথাক্রমে আয়রন ও অ্যালুমিনিয়ামের খনিজ হওয়া সত্ত্বেও, উহাদের সংশ্লিষ্ট ধাতুর আকরিক বলা চলে না। কিন্তু রেড হিমাটাইট ও বক্সাইট যথাক্রমে আয়রন ও অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক; কেননা এগুলি হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। নিম্নে কয়েক শ্রেণীর ধাতব যৌগের অন্তর্ভুক্ত ধাতু ও সংশ্লিষ্ট খনিজের নাম এবং সঙ্কেত প্রদত্ত হইল।

যৌগ শ্রেণী	ধাতু	খনিজের নাম	খনিজের সঙ্কেত
সালফাইড	আয়রন	আয়রন পাইরাইটিস	FeS_2
	কপার আয়রন	কপার পাইরাইটিস	$CuFeS_2$
	কপার	কপার গ্লান্স	Cu_2S
	জিঙ্ক	জিঙ্ক ব্লেণ্ড	ZnS
	মার্কারি	সিনাবার	HgS

যৌগ শ্রেণী	ধাতু	খনিজের নাম	খনিজের সঙ্কেত
	লেড	গ্যালেনা	PbS
	সিলভার	সিলভার গ্লান্স	Ag_2S
সালফেট	অ্যালুমিনিয়াম	অ্যালুনাইট	$Al_2(SO_4)_3$
	ক্যালসিয়াম	জিপসাম	$CaSO_4, 2H_2O$
	ম্যাগনেসিয়াম	কাইসেরাইট	$MgSO_4, H_2O$
	লেড	আংগ্লেসাইট	$PbSO_4$
নাইট্রেট	পটাসিয়াম	নাইটার	KNO_3
	সোডিয়াম	চিলি সল্টপিটার	$NaNO_3$
কার্বনেট	আয়রন	সিডারাইট	$FeCO_3$
	ক্যালসিয়াম	লাইমস্টোন	$CaCO_3$
	ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম	ডলোমাইট	$CaCO_3, MgCO_3$
	ম্যাগনেসিয়াম	ম্যাগনেসাইট	$MgCO_3$
	জিঙ্ক	ক্যালামাইন	$ZnCO_3$
হ্যালাইড	সোডিয়াম	রক্সল্ট	$NaCl$
	সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম	ক্রায়োলাইট	$AlF_3, 3NaF$
	পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম	কার্নালাইট	$KCl, MgCl_2, 6H_2O$
	ক্যালসিয়াম	ফ্লোরস্পার	CaF_2
	সিলভার	হর্ন সিলভার	$AgCl$
সিলিকেট	অ্যালুমিনিয়াম	কেয়োলিন	$Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$
	অ্যালুমিনিয়াম, পটাসিয়াম	ফেল্ডস্পার	$K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$
	অ্যালুমিনিয়াম, পটাসিয়াম	হোয়াইট মাইকা	$K_2O, 3Al_2O_3, 6SiO_2, 2H_2O$
	ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম	অ্যাসবেস্টস	$CaO, 3MgO, 4SiO_2$
ফসফেট	ক্যালসিয়াম	ফসফোরাইট	$Ca_3(PO_4)_2$
অক্সাইড	অ্যালুমিনিয়াম	বক্সাইট	$Al_2O_3, 2H_2O$
	আয়রন	রেড হিমাটাইট	Fe_2O_3
	আয়রন	ম্যাগনেটাইট	Fe_3O_4
	কপার	কিউপ্রাইট	Cu_2O
	জিঙ্ক	জিঙ্কাইট	ZnO
	টিন	ক্যাসিটেরাইট	SnO_2

1.6 ধাতু নিষ্কাশনের সাধারণ নীতি

ধাতু নিষ্কাশন (Extraction of metals) : আকরিক হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতু প্রস্তুত ও পরিশুদ্ধ করার পদ্ধতিকে ধাতুনিষ্কাশন বলে। ধাতুনিষ্কাশন ধাতুবিদ্যার (metallurgy) অন্যতম প্রধান কার্য। আকরিকের মধ্যে ধাতব অংশ ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত আয়ন হিসাবে উপস্থিত থাকে। উহা মুক্ত ধাতুতে পরিণত হইবার সময় ইলেকট্রন গ্রহণ করে। সুতরাং ধাতুনিষ্কাশন পদ্ধতি মূলত বিজারণ পদ্ধতি।

$$M^{n+} + n\,(e) \xrightarrow{\text{বিজারণ}} M \quad [\, M^{n+} = \text{ধাতব আয়ন} \,]$$

কিন্তু ধাতুনিষ্কাশন কালে কদাচিৎ (কয়েক প্রকার তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যতীত) আকরিককে সরাসরি বিজারিত করা হয়। বিজারণের পূর্বে আকরিককে উপযুক্ত ভৌত ও রাসায়নিক রূপে পরিবর্তিত করার জন্য বিবিধ প্রক্রিয়ার প্রয়োজন ঘটে।

1.7 ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বিবিধ প্রক্রিয়া

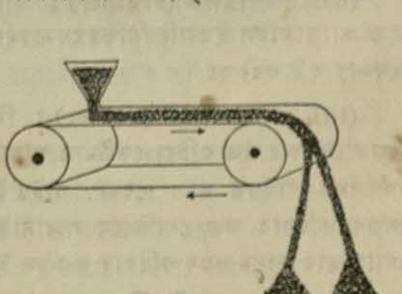
ধাতুনিষ্কাশনে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রক্রিয়ার মধ্যে (1) পেষণ ও বিচূর্ণীকরণ, (2) গাঢ়ীকরণ, (3) তাপজারণ, (4) ভস্মীকরণ ও (5) বিগলন অন্যতম।

(1) পেষণ ও বিচূর্ণীকরণ (Crushing and grinding) : সাধারণত সংগৃহীত আকরিক প্রথম অবস্থায় শিলাখণ্ডরূপে থাকে। আলোচ্য প্রক্রিয়ায় পেষক ও বিচূর্ণক যন্ত্রের সাহায্যে আকরিককে প্রয়োজনীয় সূক্ষ্মতার বিচূর্ণে পরিণত করা হয়।

(2) আকরিকের গাঢ়ীকরণ (Concentration of ore) : সাধারণত আকরিকের মধ্যে পাথর, মাটি, বালি, বিভিন্ন ধরনের সিলিকেট ইত্যাদি প্রচুর পরিমাণ অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকে। ইহাদের একত্রিতভাবে খনিজমল (gangue) বলে। বিচূর্ণিত আকরিক হইতে গাঢ়ীকরণের সাহায্যে খনিজমলের একাংশ দূরীভূত করা হয়। বিচূর্ণ আকরিককে নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলির সাহায্যে গাঢ়ীকরণ করা হয়।

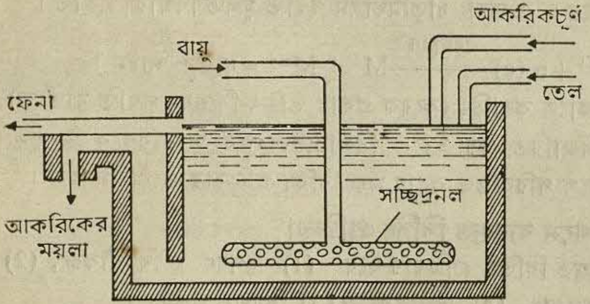
(a) ধৌতকরণ (Washing) : অনেক সময় এই প্রক্রিয়ায় বিচূর্ণ ভারী আকরিককে জলপ্রবাহের সাহায্যে ধৌত করিয়া মিশ্রিত হাল্কা খনিজমল হইতে আংশিকভাবে মুক্ত করা হয়।

(b) তড়িৎ-চুম্বকীয় পৃথকীকরণ (Electromagnetic seperation): লৌহ আকরিক ম্যাগনেটাইট (Fe_3O_4) অথবা টাংস্টেন আকরিক উল্‌ফ্রেমাইটের মত কিছু কিছু আকরিক চৌম্বক ধর্মসম্পন্ন। এই প্রকার আকরিক চূর্ণকে শক্তিশালী তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে খনিজমল হইতে আংশিকভাবে পৃথক করা হয়।



চিত্র 1.1 তড়িৎচুম্বকীয় পৃথকীকরণ

(c) তৈলভাসন বা ফেনভাসন প্রক্রিয়া (Oil floatation or Froth floatation) : গাঢ়ীকরণের এই প্রক্রিয়া সালফাইড আকরিক গাঢ়ীকরণে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। ভারী ধাতুর সালফাইডগুলির জল অপেক্ষা তৈলে আসঞ্জিত হইবার প্রবণতা বেশি। তাই জল ও তৈলের মিশ্রণে ঐরূপ সালফাইড আকরিক চূর্ণ আলোড়িত করিলে আকরিক চূর্ণ উপরের তৈলস্তরে ভাসিয়া উঠে এবং জলে আসঞ্জিত খনিজমল নিচে থাকিয়া যায়। উপরি-উক্ত নীতির ভিত্তিতে ব্যবহৃত তৈলভাসন প্রক্রিয়াকে আধুনিককালে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ যোগ করিয়া এবং ট্যাঙ্কের নিম্ন হইতে বায়ু-চালনার দ্বারা ফেনা সৃষ্টি করিয়া অনেক উন্নত করা হইয়াছে। এই উন্নততর প্রক্রিয়াকে ফেনভাসন প্রক্রিয়া বলে।



চিত্র 1.2 ফেনভাসন প্রক্রিয়া

ফেনভাসন প্রক্রিয়ায় জলের মধ্যে সাধারণত নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলি যোগ করা হয় :

(i) সংগ্রহক (Collector) : এগুলি কয়েকপ্রকার আকরিকের উপর আস্তরণ সৃষ্টি করে। বরধাতু অথবা সালফাইড আকরিক গাঢ়ীকরণে সংগ্রহক হিসাবে জ্যানথেট (Xanthate), আলফাল্যাফথিল অ্যামিন, থায়োকার্বামেট ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

(ii) ফেনায়নক (Frother) : পাইন তৈল, ক্রিসাইলিক অ্যাসিড, শাখা-যুক্ত অ্যালকোহল ইত্যাদি বিভিন্ন ফেনায়নক পদার্থ ব্যবহার করিয়া গাঢ়ীকরণকালে ফেনার সৃষ্টি করা হয়।

(iii) অবদমক (Depresser) : মিশ্র আকরিকের ক্ষেত্রে একটি বা কয়েকটি আকরিককে দমিত করিয়া একটিমাত্র আকরিকের ভাসন সম্ভব করিবার জন্য বিভিন্ন অবদমক ব্যবহৃত হয়। যেমন, পাইরাইটিসকে দমন করিয়া জিঙ্ক ব্লেণ্ডের ভাসন সম্ভব করিবার জন্য সোডিয়াম সায়ানাইড, কিম্বা পাইরাইটিসকে দমন করিয়া গ্যালেনার ভাসন সম্ভব করিবার জন্য চুন ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

(iv) গুচ্ছনরোধী বিকারক (Deflocculating agent) : অনেক সময় আকরিকের বহির্তল হইতে পঙ্ক বিদূরিত করার জন্য কস্টিক সোডা, কাপড়কাচা সোডা, সোডিয়াম সিলিকেট ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

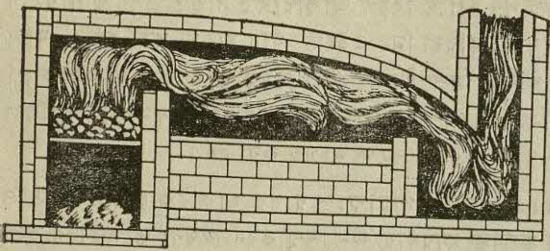
(v) এতদ্ব্যতীত প্রয়োজনবোধে অ্যাসিডধর্মী অবস্থা সৃষ্টির জন্য সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা ক্ষারীয় অবস্থা সৃষ্টির জন্য চুন ব্যবহৃত হয়। আবার জিঙ্কব্লেণ্ড আকরিককে অধিকতর সক্রিয় করার জন্য সক্রিয়ক হিসাবে কপার সালফেটের ব্যবহার খুবই প্রচলিত।

গাঢ়ীকরণকালে একটি জলপূর্ণ ট্যাঙ্কে বিচূর্ণ আকরিকের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ উপরি-উক্ত বিকারকগুলি যোগ করিয়া নিম্ন হইতে বায়ু চালনা করা হয়। ফলে প্রচুর বায়ু বুদ্বুদের সৃষ্টি হইয়া মিশ্রণটিকে আলোড়িত করে এবং আকরিক চূর্ণ ফেনার আকারে উপরে ভাসিয়া উঠে। অতঃপর যান্ত্রিক উপায়ে ফেনাগুলি ভাঙিয়া গাঢ়ীকৃত আকরিক হিসাবে পাশের একটি কক্ষে সংগ্রহ করা হয়।

(3) **তাপজারণ (Roasting) ঃ** গাঢ়ীকরণের পর আকরিক চূর্ণকে ভৌত ও রাসায়নিকভাবে বিগলনের উপযুক্ত করিবার জন্য ভস্মীকরণ অথবা তাপজারণ করা হয়। তাপজারণ প্রক্রিয়ার জন্য আকরিক চূর্ণকে বায়ুর উপস্থিতিতে গলনাঙ্কের নিম্নে মধ্যম তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা প্রয়োজন। তাপজারণের ফলে সালফাইড আকরিক জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। (নির্গত সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়)। একই সঙ্গে কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে, আর্সেনিক জারিত হইয়া অক্সাইডরূপে ঊর্ধ্বপাতিত হয়, জল এবং অন্যান্য উদ্বায়ী অংশ বাহির হইয়া যায় এবং আকরিক সচ্ছিদ্র রূপ লাভ করে। তাপজারণে বায়ুর অক্সিজেন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে আর তাই এই প্রক্রিয়ায় সমতল চুল্লী (Flat furnace), বহুতল চুল্লী (Multiple furnace) অথবা ঘূর্ণায়মান চুল্লীর (Revolving farnace) মত এমন চুল্লী ব্যবহৃত হয় যাহার মধ্যে আকরিক চূর্ণ অধিক পরিমাণ বায়ুর সংস্পর্শে আসিতে পারে। বর্তমানে প্রবাহীভূত পীঠিকা তাপজারণ (Fluidized bed roasting) পদ্ধতি ব্যবহার করিয়া তাপজারণ প্রক্রিয়াকে তিন হইতে চারগুণ দ্রুততর করা সম্ভব হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে সূক্ষ্ম আকরিক চূর্ণকে ঊর্ধ্বগামী বায়ুস্রোতে এমনভাবে প্রলম্বিত রাখা হয় যাহার ফলে মিশ্রণটি ফুটন্ত প্রবাহীর ন্যায় আচরণ করে। অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া আকরিক চূর্ণ অতি দ্রুত পূর্ণতর মাত্রায় তাপজারিত হয় এবং আকরিক হইতে অধিক পরিমাণ ধাতু নিষ্কাশন করা যায়।

(4) **ভস্মীকরণ (Calcination) ঃ** ভস্মীকরণের জন্যও আকরিক চূর্ণকে গলনাঙ্কের নিম্নে উত্তপ্ত করা হয়। কিন্তু এই প্রক্রিয়ায় বায়ুর উপস্থিতি অত্যাবশ্যক নয়। ভস্মীকরণের উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত চুল্লী তাপজারণের অনুরূপ। বস্তুত ধাতুবিদ্যায় অনেক সময় তাপজারণ ও ভস্মীকরণকে সমার্থে ব্যবহার করা হয়। ভস্মীকরণের ফলে জারণ বিক্রিয়া ঘটে না, কিন্তু কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে এবং আকরিক হইতে জল ও অন্যান্য উদ্বায়ী অংশ বাহির হইয়া যাইবার ফলে আকরিক সচ্ছিদ্র রূপ লাভ করে।

(5) বিগলন (Smelting) : গলন ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার যোগফলই বিগলন। বিগলন = গলন + রাসায়নিক বিক্রিয়া। সাধারণত বিগলন প্রক্রিয়ায় তাপজারিত অথবা ভস্মীকৃত আকরিককে উপযুক্ত পরিমাণ বিজারক ও বিগালক (Flux) মিশ্রিত করিয়া পরাবর্ত চুল্লী (Reverberatory furance) অথবা মারুত চুল্লীতে (Blast furnace) তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। বিগলনের ফলে খনিজ-মল বিগালকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গলিত ধাতুমল (Slag) উৎপন্ন করে। ধাতুমল ধাতু অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া গলিত ধাতুমল গলিত ধাতুর স্তরের উপর আরেকটি স্বতন্ত্র স্তর সৃষ্টি করে এবং গলিত ধাতুর বায়ুসংস্পর্শে জারণ নিবারিত হয়। অতঃপর অতি সহজেই গলিত ধাতুমলের স্তরকে গলিত ধাতুর স্তর হইতে পৃথক করা যায়।



চিত্র 1.3 পরাবর্ত চুল্লী

বিগালক (Flux) ও ধাতুমল (Slag) : আকরিকে উপস্থিত খনিজমল বা অপদ্রব্যকে রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত করিয়া গলনীয় ধাতুমলে পরিণত করার উদ্দেশ্যে বিগলনের পূর্বে আকরিকের সহিত যে-পদার্থ মিশ্রিত করা হয় তাহাকে বিগালক (Flux) বলে।

বিগলনকালে আকরিকে উপস্থিত খনিজমল বিশেষত পূর্ববর্তী প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন অপদ্রব্য, বিগালকের সহিত যুক্ত হইয়া যে-গলিত অপসারণযোগ্য যৌগ উৎপন্ন করে, তাহাকে ধাতুমল (Slag) বলে।

সুতরাং ধাতুমল = খনিজমল + বিগালক

বিগালক নির্বাচন : বিগালককে রাসায়নিক চরিত্র অনুযায়ী তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় : (a) অ্যাসিডধর্মী, যেমন সিলিকা ; (b) ক্ষারকীয়, যেমন লাইমস্টোন, ডলোমাইট বা ম্যাগ্‌নেসিয়া এবং (c) প্রশম, যেমন ফ্লোরস্পার। আকরিকে উপস্থিত অপদ্রব্যের চরিত্র-অনুযায়ী বিগালক নির্বাচিত করা হয়। বালি-জাতীয় অ্যাসিডধর্মী অপদ্রব্য উপস্থিত থাকিলে অবশ্যই লাইম বা ম্যাগনেসিয়ার মত ক্ষারকীয় বিগালক ব্যবহার করিতে হইবে। আবার অপদ্রব্য ক্ষারকীয় চরিত্রের হইলে সিলিকা বা বালির মত অ্যাসিডধর্মী বিগালক ব্যবহার করা প্রয়োজন। প্রশম চরিত্রের বিগালক সাধারণত গলনাঙ্ক হ্রাস করিবার জন্য এবং গলিত অবস্থায় উত্তম প্রবাহমানতা বজায় রাখার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(6) ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বিভিন্ন বিজারণ পদ্ধতি : গোল্ড প্লাটিনাম ইত্যাদি কয়েকটি বরধাতু ব্যতীত প্রকৃতিতে ধাতু সাধারণত অক্সাইড, কার্বনেট,

সালফাইড, ক্লোরাইড, সিলিকেট ইত্যাদি রূপে অবস্থান করে। এগুলির মধ্যে সিলিকেট খনিজকে কদাচিৎ ধাতু আকরিক হিসাবে গণ্য করা হয়। ধাতুনিষ্কাশন কালে নিম্নপ্রদত্ত বিভিন্ন বিজারণ পদ্ধতি ব্যবহৃত হইতে পারে। ঠিক কোন্ বিজারণ পদ্ধতি ব্যবহৃত হইবে তাহা সহজলভ্য আকরিকের চরিত্র এবং সংশ্লিষ্ট ধাতুর সক্রিয়তার উপর নির্ভর করে।

(i) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি (Carbon reduction) : যে-সব ধাতু খুব বেশি সক্রিয় নহে, যেমন কপার, লেড, জিঙ্ক, আয়রন ইত্যাদি, তাহাদের অক্সাইড আকরিককে অথবা অন্যান্য আকরিককে অক্সাইডে পরিণত করার পর, কার্বনচূর্ণ দ্বারা উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারিত করা যায়। এমন কি অপেক্ষাকৃত অধিক সক্রিয় ম্যাগনেসিয়াম ধাতুকেও অধুনা এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হইতেছে। কপারের অপেক্ষাকৃত দুর্লভ অক্সাইড আকরিকের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হইলেও সালফাইড আকরিকের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় না। তবে আলোচ্য শ্রেণীর অন্যান্য সালফাইডের, যেমন জিঙ্ক সালফাইডের (জিঙ্ক ব্লেণ্ড) বা অনেক সময় লেড সালফাইডের (গ্যালেনা) ক্ষেত্রে, আকরিককে তাপজারিত করিয়া অক্সাইডে পরিণত করার পর, কার্বন বিজারণ পদ্ধতি অনুসৃত হয়। আবার আকরিক কার্বনেট জাতীয় হইলে কার্বন বিজারণের পূর্বে আকরিককে ভস্মীকরণ করিয়া অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

$$2MS+3O_2=2MO+2SO_2 \ (M=Zn \text{ বা } Pb)$$
$$MCO_3=MO+CO_2\ ;\ MO+C=M+CO$$

আয়রনের ক্ষেত্রে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিকে দ্রুত ও পূর্ণাঙ্গ করার জন্য চুল্লীতে (মারুতচুল্লীতে) পরিমিত পরিমাণ বায়ু চালনা করিয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস বলিয়া সহজেই সছিদ্র আকরিকের সূক্ষ্মরন্ধ্রপথে অভ্যন্তরে প্রবেশ করিয়া দ্রুত বিজারণ বিক্রিয়া সম্পন্ন করে।

$$2C+O_2=2CO\ ;\ Fe_2O_3+3CO=2Fe+3CO_2$$

কিন্তু তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে আয়রন অপেক্ষা বেশি উপরে অবস্থিত ধাতু-গুলির (যেমন, জিঙ্ক) ক্ষেত্রে এইরূপ পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায় না, কারণ সেক্ষেত্রে কার্বন মনোক্সাইড ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিতে পারে না।

(ii) স্বতঃ বিজারণ পদ্ধতি (Self reduction process) : কপার বা লেডের মত কতগুলি ধাতুর সালফাইড আকরিক হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতু নিষ্কাশনকালে, আকরিককে সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে জারিত করার পর কার্বন দ্বারা বিজারিত করার পরিবর্তে, আংশিকভাবে জারিত করিয়া সেই জারিত অংশকে অজারিত অংশ দ্বারা বিজারিত করা সুবিধাজনক বিবেচনা করা হয়। ধাতুনিষ্কাশনে আকরিকের একটি অংশই বিজারক হিসাবে কার্যকর হয় বলিয়া এই পদ্ধতিকে স্বতঃবিজারণ পদ্ধতি বলে।

বাস্তবে পরিস্কৃত কপার সালফাইড (কপার ম্যাট) বা লেড সালফাইড আকরিকের প্রায় দুই-তৃতীয়াংশকে বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে জারিত করিয়া

অক্সাইডে পরিণত করা হয়। অবশ্য লেড সালফাইড জারণের ফলে কিছু লেড সালফেটও পাওয়া যায়। অতঃপর বায়ুপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে জারিত অংশ অবশিষ্ট অংশের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মুক্ত ধাতুতে পরিণত হয়।

$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2$$

$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2$$

$$2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2 \; ; \; PbS + 2O_2 = PbSO_4$$

$$PbS + 2PbO = 3Pb + SO_2 \; ; \; PbS + PbSO_4 = 2Pb + 2SO_2$$

(iii) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic process) : পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, সোডিয়াম ইত্যাদি অত্যধিক সক্রিয়, অর্থাৎ তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে সর্বাপেক্ষা উচ্চে অবস্থিত ধাতুগুলিকে, উহাদের অক্সাইড হইতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতি দ্বারা বিজারিত করা যায় না। এই ধাতুগুলি এবং ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্য গ্রহণ করা হয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের ক্ষেত্রে সাধারণত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহৃত হয় সংশ্লিষ্ট ধাতুর ক্লোরাইড। অনার্দ্র ক্লোরাইডে উপযুক্ত বিগালক (সোডিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিগালক, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইড বা ফ্লুয়োরস্পার বিগালক ইত্যাদি) মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে, উহারা গলনাঙ্কের নিম্নতর তাপমাত্রায় গলিত হয়। ঐ গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্যাথোড অর্থাৎ ঋণাত্মক তড়িদ্দ্বারে সংশ্লিষ্ট ধাতু এবং অ্যানোড অর্থাৎ ধনাত্মক তড়িদ্দ্বারে ক্লোরিনকে মুক্ত হইতে দেখা যায়। যেমন $CaCl_2$-এর তড়িৎ বিশ্লেষণকালে :

$$CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Cl^- \rightarrow [Cl] + e$; $2\,[Cl] \rightarrow Cl_2$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Ca^{++} + 2e \rightarrow Ca$

সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনের জন্য অনেক সময় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ব্যবহৃত হয়। সেক্ষেত্রে $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$;

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $OH^- \rightarrow [OH] + e$; $4[OH] \rightarrow H_2O + O_2$

অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন গ্যাস আকারে নির্গত হয় এবং উৎপন্ন জল-অণু আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিল আয়ন গঠন করে। এজন্য ক্যাথোডে সোডিয়ামের সহিত হাইড্রোজেন গ্যাসকেও উৎপন্ন হইতে দেখা যায়।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Na^+ + e \rightarrow Na$; $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$

অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য উহার অক্সাইড আকরিক (বক্সাইট) ব্যবহৃত হয়। আকরিককে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র করার পর প্রাপ্ত অতি-উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট অ্যালুমিনা (Al_2O_3) গলিত ক্রায়োলাইট (AlF_3, $3NaF$) ও ফ্লুয়োরস্পারের মিশ্রণে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়।

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া : $Al_2O_3 \rightleftharpoons 2Al^{3+} + 3O^{2-}$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $2O^{2-} \rightarrow O_2 + 2e$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Al^{3+} + 3e \rightarrow Al$

আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতে পারে যে, তড়িৎ-রাসায়নিক সারি বা তড়িচ্চালক বল সারিতে, যে-সব ধাতু হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত, তাহাদের লবণের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ধাতু পাওয়া যাইবে না। কেননা জলের আয়নীভবনের ফলে দ্রবণে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন ধাতুর আয়নের তুলনায় অধিকতর সহজে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া মুক্ত হইবে। কিন্তু এই অনুমান সম্পূর্ণ সত্য নহে। জিঙ্ক নিকেল ইত্যাদি তড়িৎ ধনাত্মক সারিতে হাইড্রোজেনের অল্প উর্ধ্বে অবস্থিত কয়েকটি ধাতুকে কয়েকটি শর্তে জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া নিষ্কাশিত করা যায়। আয়ন-যে তড়িদ্দ্বারে মুক্তিলাভ করে, তাহার চরিত্রের উপর নির্ভর করিয়া মুক্তিলাভ কালে আয়নের কিছু অতিরিক্ত বিভবের বা অতিবিভবের (Over-voltage) প্রয়োজন হয়৷ তাহা ছাড়া মুক্তিলাভের জন্য প্রয়োজনীয় বিভব আয়নীয় গাঢ়ত্বের উপরও নির্ভরশীল। তড়িচ্চালক বল সারি মূলত প্রমাণ অবস্থায় একক আয়নীয় গাঢ়ত্বের (সক্রিয়তার) সাপেক্ষে প্রকাশিত। বাস্তবে কোন ধাতব আয়নের (ধনাত্মক আয়নের) মুক্ত হইবার অর্থাৎ ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার ক্ষমতা, তড়িচ্চালক বল সারিতে তাহার অবস্থান ব্যতীতও, তাহার আয়নীয় গাঢ়ত্বের এবং অনেক ক্ষেত্রে যে-তড়িদ্দ্বারে তাহা মুক্ত হয় সেই তড়িদ্দ্বারের উপাদানের উপর নির্ভরশীল। সেইজন্য লেড অ্যানোড ও অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোডের মাধ্যমে অতি লঘু অ্যাসিডযুক্ত জিঙ্ক সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে, দ্রবণে উপস্থিত জিঙ্ক আয়নের অতিরিক্ত গাঢ়ত্বের, হাইড্রোজেন আয়নের অল্প গাঢ়ত্বের এবং জিঙ্কের বা অ্যালুমিনিয়ামের উপর হাইড্রোজেনের অতিবিভবের (over-voltage) জন্য, তড়িৎচালক বল সারিতে হাইড্রোজেন অপেক্ষা উচ্চতর স্থানে অবস্থিত জিঙ্ক-ধাতুর নিষ্কাশন সম্ভব হইয়াছে। [তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক নিষ্কাশন দ্রষ্টব্য।]

$$ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{2+} + SO_4^{\ 2-} \ ; \ H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$ ।

লেড অ্যানোডে বিক্রিয়া : দ্রবণে একই সঙ্গে হাইড্রক্সিল আয়ন এবং সালফেট আয়ন উপস্থিত থাকিলেও,হাইড্রক্সিল আয়নের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা সালফেট আয়নের তুলনায় অনেক বেশি হওয়ার জন্য, অ্যানোডে সালফেট আয়নের পরিবর্তে হাইড্রক্সিল আয়ন মুক্ত হয় এবং মুক্তিপ্রাপ্ত হাইড্রক্সিলমূলক তৎক্ষণাৎ বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন গ্যাস নির্গত করে।

$$4O\bar{H} \rightarrow 4 [OH] + 4e \ ; \ 4 [OH] \rightarrow 2H_2O + O_2$$

অ্যানোডে হাইড্রক্সিল আয়নের দূরীভবনের ফলে দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়িয়া যায় এবং এই হাইড্রোজেন আয়ন সালফেট আয়নের সহযোগে যে-

সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে সেই সালফিউরিক অ্যাসিড, তাপজারিত জিঙ্ক-ব্লেণ্ডকে সম্পূর্ণরূপে জিঙ্কসালফেটে পরিণত করার জন্য ব্যবহার করা হয়। জিঙ্ক-ব্লেণ্ডের তাপজারণ বিক্রিয়া :

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2 \;;\; ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$$

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

এতদ্ব্যতীত কপার, সিলভার ইত্যাদি যে-সব ধাতু তড়িচ্চালক বল সারিতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত, তাহাদের লবণের জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে সংশ্লিষ্ট ধাতু সহজেই মুক্ত হইয়া ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। যেমন কপার-পাইরাইটিসকে কপার সালফেটে পরিণত করিয়া জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে নিম্নরূপ বিক্রিয়া হয় :

$$CuSO_4 \rightleftharpoons \overset{++}{Cu} + \overset{=}{SO_4} \;;\; H_2O \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $\overset{++}{Cu} + 2(e) \rightarrow Cu$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $4\,(\overset{-}{OH}) \rightarrow 4\,[OH] + 4e \;;\; 4\,[OH] \rightarrow 2H_2O + O_2$

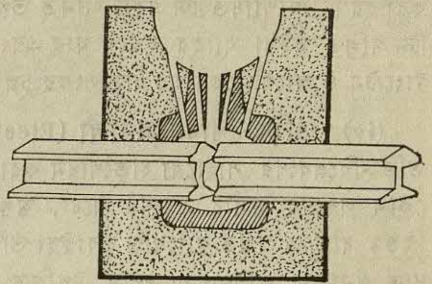
(iv) সক্রিয়তর ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন (Replacement by more reactive metal) : তড়িচ্চালক বল সারিতে ঊর্ধ্বে অবস্থিত ধাতু নিম্নে অবস্থিত ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। সিলভার গোল্ড ইত্যাদি বরধাতুকে উহাদের জটিল সায়ানাইড লবণের দ্রবণ হইতে, জিঙ্ক অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি সক্রিয়তর ধাতুর সাহায্যে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া নিষ্কাশিত করা হয় (সায়ানাইড পদ্ধতি)।

$$2Na\,Ag\,(CN)_2 + Zn = 2Ag + Na_2Zn\,(CN)_4$$

(v) অ্যালুমিনোথার্মি (Aluminothermy) : অধুনা অ্যালুমিনিয়ামকে, উহা অপেক্ষা কম সক্রিয় কতগুলি ধাতুর অক্সাইড হইতে, সংশ্লিষ্ট ধাতু নিষ্কাশনের উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হইতেছে। এই সব ধাতু দহিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হইবার সময় যত তাপ নির্গত করে, অ্যালুমিনিয়াম দহনকালে উদ্ভূত তাপের পরিমাণ তাহা অপেক্ষা অনেক বেশি। সেজন্য অ্যালুমিনিয়াম দহনকালে নির্গত তাপের এক বৃহদাংশ, ধাতব অক্সাইড বিজারণের জন্য প্রয়োজনীয় তাপ সরবরাহের পরেও উদ্বৃত্ত থাকে। এ কারণে ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, ভ্যানাডিয়াম ইত্যাদি দুর্গল (refractory) ধাতু নিষ্কাশনের জন্য অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ দ্বারা বিজারণ পদ্ধতি বা অ্যালুমিনোথার্মি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। বাস্তব পদ্ধতিতে ধাতব অক্সাইডচূর্ণ এবং অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণের মধ্যে বিক্রিয়ার সূত্রপাত ঘটানোর জন্য বেরিয়াম পার অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া একটি কার্টিজ প্রস্তুত করা হয় এবং জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তারের সাহায্যে কার্টিজটিকে জ্বালানো হয়।

$$Cr_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Cr$$

থার্মিট পদ্ধতি (Thermite process) : ম্যাগনেটিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ জ্বালাইয়া ভগ্ন রেললাইনের মেরামতি কার্য অ্যালুমিনোথার্মির প্রয়োগের এক পুরাতন দৃষ্টান্ত। এই উদ্দেশ্যে রেললাইনের ভগ্ন প্রান্ত দুইটিকে কাছে আনিয়া উহাদের মধ্যবর্তী ফাঁকের চারিপাশে, দুর্গল পদার্থের সাহায্যে, রেললাইনের আকৃতিবিশিষ্ট একটি ছাঁচ নির্মাণ করিয়া, অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ এবং ফেরিক অক্সাইড বা ম্যাগনেটিক অক্সাইডের মিশ্রণ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। অতঃপর মিশ্রণটিকে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তারের সাহায্যে জ্বালাইয়া দিলে তীব্র বিক্রিয়ার সহিত এত প্রচণ্ড তাপ নির্গত হয় যে, বিক্রিয়া জাত লৌহ, লাইনের ভগ্ন প্রান্তদ্বয় সমেত গলিত হইয়া জুড়িয়া যায়।



চিত্র 1.4 থার্মিট পদ্ধতি

$$3Fe_3O_4+8Al=9Fe+4Al_2O_3$$

উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড গলিত লৌহস্তরের উপর ভাসিয়া উঠে এবং উহাকে ঘষিয়া সহজেই দূরীভূত করা যায়। ভগ্ন রেললাইন মেরামতের এই পদ্ধতি থার্মিট পদ্ধতি নামে পরিচিত। তবে অনেক সময় থার্মিট পদ্ধতিকে ব্যাপকতর অর্থে অ্যালুমিনোথার্মির পরিবর্তেও ব্যবহার করা হয় (চিত্র 1.4)।

(7) ধাতু শোধন (Refining of Metals) : কার্বন বিজারণ বা স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত ধাতু মোটেই বিশুদ্ধ নহে। ইহার মধ্যে অল্প পরিমাণ ধাতুমল, অবিজারিত অক্সাইড অথবা সালফাইড, দ্রবীভূত গ্যাস এবং অন্যান্য ধাতু উপস্থিত থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা নিষ্কাশিত ধাতু তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি বিশুদ্ধ হইলেও প্রয়োজনানুসারে অনেক সময় আরও বেশি শোধিত করা হয়। ধাতুশোধনে ব্যবহৃত প্রচলিত প্রণালীগুলি নিম্নরূপ :

(i) তাপ শোধন (Thermal refining) : এই প্রণালীতে অশোধিত ধাতুকে বায়ুর উপস্থিতিতে পরাবর্ত চুল্লীর মধ্যে উত্তপ্ত করা হয়। বায়ুর অক্সিজেন ধাতুর মধ্যে উপস্থিত অশুদ্ধিগুলিকে জারিত করে। উদ্বায়ী অংশগুলি বাহির হইয়া যায় এবং অধিকতর সক্রিয় বর্জ্য ধাতুর অক্সাইডগুলি জারিত হইয়া গলিত ধাতুর উপর গাদের আকারে ভাসিয়া উঠে। গাদ অপসারিত করিলে অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। কপার বা লেড ধাতুকে এইভাবে শোধন করা হয়।

(ii) পাতন প্রণালী (Distillation method) : জিঙ্ক ধাতুকে সাধারণত এই প্রণালীতে শোধন করা হয়। বকযন্ত্রে অশোধিত জিঙ্ক লইয়া বায়ুর অনুপস্থিতিতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক বাষ্পীভূত হইয়া পাতিত হয়। অনুদ্বায়ী ধাতব অশুদ্ধিগুলি বকযন্ত্রে পড়িয়া থাকে।

(iii) তরলীকরণ প্রণালী (Liquation method) : টিনের ন্যায় নিম্ন-গলনাঙ্কবিশিষ্ট ধাতুকে এই প্রণালীতে উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট বর্জ্য ধাতু হইতে পৃথক করা হয়। অশোধিত টিন একটি আনত তল পরাবর্ত চুল্লীতে লইয়া উত্তপ্ত করিলে টিন গলিত হইয়া বাহির হইয়া যায় এবং অশুদ্ধিরূপে উপস্থিত কপার, আয়রন, টাংস্টেন ও আর্সেনিকের এক ধাতু সংকর চুল্লীতে পড়িয়া থাকে।

(iv) তড়িৎ-শোধন প্রণালী (Electrolytic refining) : এই প্রণালীতে তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে ধাতুশোধন করা হয়। সাধারণত সংশ্লিষ্ট ধাতুর উপযুক্ত কোন লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্যে, অশুদ্ধিযুক্ত ধাতুতে প্রস্তুত অ্যানোড এবং বিশুদ্ধ ধাতুতে প্রস্তুত ক্যাথোড ডুবাইয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোড হইতে ধাতু ধনাত্মক আয়নরূপে দ্রবণে উপস্থিত হয় এবং দ্রবণ হইতে ধাতব আয়ন ক্যাথোডের উপর বিশুদ্ধ ধাতুরূপে সঞ্চিত হয়। অ্যানোডের নিম্নে রক্ষিত এক থলির মধ্যে, অশোধিত ধাতুতে উপস্থিত কম সক্রিয় বর্জ্য ধাতুগুলি অ্যানোড স্লাইম রূপে সংগৃহীত হয়। যেমন,

কপার তড়িৎশোধনের ক্ষেত্রে : $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

(v) অতিবিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুত প্রণালী : তড়িৎ-শোধন প্রণালীতে 99% অপেক্ষা অধিক বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুত করা সম্ভব হইলেও, বিশুদ্ধতার এই মাত্রা আধুনিক প্রযুক্তিবিজ্ঞানের পরিপ্রেক্ষিতে বহুক্ষেত্রেই যথেষ্ট নহে। সেইজন্য বর্তমানে অতিবিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুতির জন্য কয়েকটি প্রণালী প্রবর্তিত হইয়াছে, যাহাদের মধ্যে (a) নিম্নচাপে পুনর্গলনের সাহায্যে শোধন, (b) ধাতুর তথাকথিত অঞ্চল গলন (zone melting) এবং (c) লোহিত তপ্ত তলে উদ্বায়ী ধাতুযৌগের বিয়োজন উল্লেখযোগ্য।

(a) নিম্নচাপে পুনর্গলনের সাহায্যে শোধনের ভিত্তি, শোধন প্রক্রিয়াধীন ধাতু এবং তাহার মধ্যে উপস্থিত অশুদ্ধিগুলির গলনাঙ্কের বিভিন্নতা। এই প্রক্রিয়ায় হয় ধাতুটি অশুদ্ধি হইতে বাহির হইয়া যায়, নতুবা অশুদ্ধি ধাতু ত্যাগ করিয়া বহির্গত হয়। অতিশুদ্ধ লিথিয়াম, ক্যালসিয়াম, স্ট্রোনসিয়াম অথবা বেরিয়াম ধাতু প্রস্তুতির জন্য এই প্রণালী অনুসৃত হয়। ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ এবং বেরিলিয়ামকে অতিশুদ্ধ অবস্থায় পাইবার জন্যও এই প্রণালী ব্যবহার করা যায়।

(b) অঞ্চল গলন প্রক্রিয়ার ভিত্তি হইতেছে শোধন প্রক্রিয়াধীন ধাতুটির তরল ও কঠিন অবস্থার মধ্যে উপস্থিত অশুদ্ধিগুলির দ্রাব্যতায় তারতম্য। এই প্রক্রিয়ায় একটি বিশেষ আকৃতির মুচির মধ্যে প্রক্রিয়াধীন ধাতুটিকে দণ্ডের আকারে স্থাপন করিয়া, মুচিটিকে অতি ধীরগতিতে (ঘণ্টায় কয়েক মিলিমিটার) একটি চুল্লীর মধ্য দিয়া উর্ধ্ব বা নিম্নদিকে লইয়া যাওয়া হয়। ফলে ধাতুদণ্ডটির যে-ক্ষুদ্র অঞ্চল একটি

বিশেষ মুহূর্তে চুল্লীর মধ্যে থাকে, সেই অঞ্চলটি গলিয়া যায়। মুচিটির গতির সঙ্গে সঙ্গে ধাতুদণ্ডটির গলিত অংশ দণ্ডটির এক প্রান্ত হইতে অন্য প্রান্তে গড়াইতে থাকে এবং ধাতুর মধ্যে উপস্থিত অশুদ্ধিগুলি তরল অংশে দ্রবীভূত হইয়া একই সঙ্গে গতিশীল হয়। প্রক্রিয়া শেষ হইবার পর সমস্ত অশুদ্ধিগুলি দণ্ডটির একপ্রান্তে আসিয়া উপস্থিত হয় এবং সহজেই কাটিয়া আলাদা করা যায়।

(c) লোহিত তপ্ত তলে উদ্বায়ী ধাতুযৌগের বিয়োজন পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া অতিশুদ্ধ টাইটেনিয়াম, জারকোনিয়াম, ক্রোমিয়াম, ট্যান্টালাম, নিয়োবিয়াম, সিলিকন এবং ভ্যানাডিয়াম প্রস্তুত করা হয়। দৃষ্টান্তস্বরূপ টাইটেনিয়াম ও আয়োডিনের একটি মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে, টাইটেনিয়াম সহজেই আয়োডিনের সহিত যুক্ত হইয়া একটি উদ্বায়ী আয়োডাইড উৎপন্ন করে যাহা 200-250°C তাপমাত্রায় গ্যাসরূপে অশুদ্ধি হইতে পৃথক হইয়া বহির্গত হয়। এই গ্যাসীয় আয়োডাইডকে অতঃপর 1200-1400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত তারজালির উপর দিয়া চালিত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়। টাইটেনিয়াম অতিশুদ্ধ অবস্থায় তারের উপর সঞ্চিত হয় এবং আয়োডিন বাষ্পকে পুনরায় শীতল করিয়া শোধনকার্যে ব্যবহার করা হয়।

1·8 সংকর ধাতু (Alloy)

দুই বা ততোধিক ধাতুর আন্তঃধাতুক যৌগ বা কঠিন দ্রবণ বা সাধারণ মিশ্রণ অথবা উহাদের যে-কোন সংযুতিতে গঠিত ধাতব ধর্মযুক্ত কঠিন পদার্থকে সংকর ধাতু (alloy) বলে। অনেক সময় সংকর ধাতুতে এক বা একাধিক অধাতুও উপস্থিত থাকিতে পারে, কিন্তু ন্যূনপক্ষে একটি ধাতু থাকিবেই। যেমন, ইস্পাত, আয়রন ও কার্বনের সংকর ধাতু। সংকর ধাতুর একটি উপাদান মার্কারি হইলে উহাকে **পারদসংকর** (Amalgam) বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম পারদসংকর ইত্যাদি।

দুই বা ততোধিক ধাতুকে একত্রে গলিত করিয়া শীতল করিলে, উহারা পরস্পরের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া অথবা মিশ্রিত হইয়া, সমসত্ত্ব অথবা অসমসত্ত্ব যে-কোন প্রকার সংকর ধাতু উৎপন্ন করিতে পারে। ক্ষেত্রবিশেষে সমসত্ত্ব সংকর ধাতুর মধ্যে উপাদান ধাতুগুলি আন্তঃধাতুক যৌগরূপে অবস্থান করে। যেমন, AuZn, Au_3Zn_5, Na_4Sn, NaSn, $NaSn_2$ ইত্যাদি। আন্তঃধাতুক যৌগের মধ্যে ধাতুগুলির প্রচলিত যোজ্যতা কার্যকর হয় না। কিন্তু এগুলির মধ্যে অনেকগুলিই খুব সুস্থিত যৌগ। উহারা তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হইয়া তড়িৎ পরিবাহী দ্রবণ উৎপন্ন করে। ঐরূপ দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অধিকতর তড়িৎ ধনাত্মক ধাতুটি ক্যাথোডে এবং কম তড়িৎ ধনাত্মক ধাতুটি অ্যানোডে সঞ্চিত হয়।

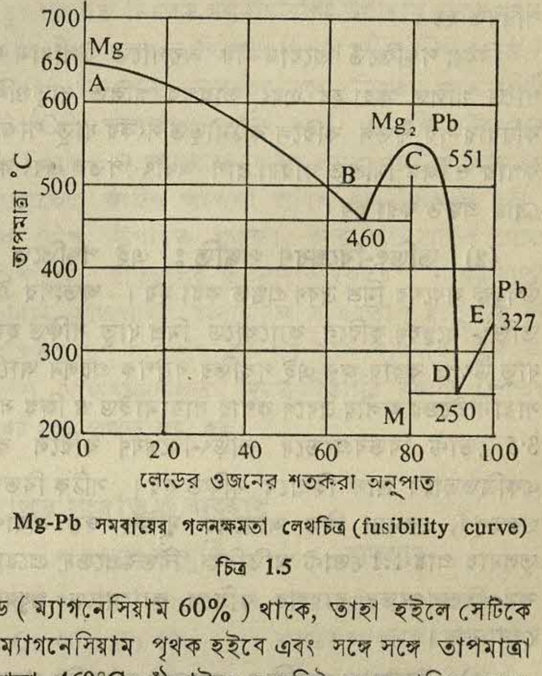
আবার অনেক ক্ষেত্রে উৎপন্ন সমসত্ত্ব সংকর ধাতুটি অনির্দিষ্ট সংযুতির কঠিন দ্রবণ (solid solution) হিসাবে অবস্থান করে। এইরূপ কঠিন দ্রবণের উৎপত্তি

একমাত্র তখনই সম্ভব যখন সংশ্লিষ্ট ধাতুগুলির পরমাণু একই প্রকার কেলাস-গঠন অব্যাহত রাখিয়া একে অন্যকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। এই প্রকার প্রতি-স্থাপনের ফলে এরূপ সমসত্ত্ব মিশ্র কেলাস উৎপন্ন হয়, যাহাদের মধ্যে সবগুলি ধাতুর পরমাণু একই সঙ্গে উপস্থিত থাকিয়া সামগ্রিকভাবে সংকর ধাতুকে সমসত্ত্ব করিয়া রাখে। সিলভার-গোল্ড সংকর ধাতু এই প্রকার কঠিন দ্রবণের উদাহরণ। সিলভার এবং গোল্ড পরস্পরের মধ্যে সকল অনুপাতে দ্রবীভূত হইয়া সমসত্ত্ব দ্রবণ সৃষ্টি করিতে পারে।

সংকর ধাতু অসমসত্ত্বও হইতে পারে। অসমসত্ত্ব সংকর ধাতুর ক্ষেত্রে উপাদান ধাতুগুলি আংশিকভাবে আন্তঃধাতুক যৌগ উৎপন্ন করিতে পারে, আবার না-ও করিতে পারে। যে-সব অসমসত্ত্ব সংকর ধাতুর মধ্যে উপাদান ধাতুগুলি আন্তঃধাতুক যৌগ উৎপন্ন করে না, সেই ধরনের সংকর ধাতুর ক্ষেত্রে, উপাদান ধাতুগুলির এক নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণে সর্বনিম্ন গলনাঙ্ক দেখিতে পাওয়া যায়, যাহার মান সংশ্লিষ্ট উপাদান ধাতুর প্রত্যেকটি অপেক্ষা কম। এই নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণকে ইউটেক্‌টিক মিশ্রণ (eutectic mixture) এবং উহার গলনাঙ্ককে ইউটেক্‌টিক তাপমাত্রা (eutectic temperature) বলে। এই প্রকার কোন সংকর ধাতুকে গলিত অবস্থা হইতে ধীরে ধীরে শীতল করিলে, সংকর ধাতুর মধ্যে যে-ধাতুটি ইউটেক্‌টিক মিশ্রণের অনুপাত অপেক্ষা অধিক অনুপাতে মিশ্রিত আছে, সেই ধাতুটি প্রথমে কেলাসিত হইয়া পৃথক হইতে থাকে এবং গলিত অংশে উহার অনুপাত হ্রাস পায়। সঙ্গে সঙ্গে তাপমাত্রাও হ্রাস পাইতে থাকে। অবশেষে গলিত অংশে ধাতুগুলির অনুপাত ইউটেক্‌টিক মিশ্রণের অনুপাতে পৌঁছাইলে গলিত অংশ সামগ্রিকভাবে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (ইউটেক্‌টিক তাপমাত্রায়) কঠিনীভূত হইতে শুরু করে। কপার-সিলভার সংকর ধাতু, বিস্‌মাথ-ক্যাড্‌মিয়াম সংকর ধাতু অথবা লেড-টিন সংকর ধাতু উপরি-উক্ত শ্রেণীর অসমসত্ত্ব সংকর ধাতু। দৃষ্টান্তস্বরূপ, কপার-সিলভার ইউটেক্‌টিক মিশ্রণে কপারের পরিমাণ 72%। সুতরাং 80 গ্রাম কপার ও 20 গ্রাম সিলভার মিশ্রণকে গলিত অবস্থা হইতে শীতল করিলে প্রথমে $80-\frac{72\times20}{28}=28\cdot86$ গ্রাম কপার কেলাসিত হইবে এবং তারপর সামগ্রিকভাবে কঠিনীভূত হইবে 20 গ্রাম সিলভার এবং 51·14 গ্রাম কপারে গড়া ইউটেক্‌টিক মিশ্রণটি। অপরপক্ষে, 50 গ্রাম কপার ও 50 গ্রাম সিলভারের গলিত মিশ্রণ লইয়া শীতল করিলে, প্রথমে $50-\frac{28\times50}{72}=30\cdot56$ গ্রাম সিলভার কেলাসিত হইবার পর, অবশিষ্ট 19·44 গ্রাম সিলভার ও 50 গ্রাম কপারে গড়া ইউটেক্‌টিকটি সামগ্রিকভাবে কঠিনীভূত হইবে। স্পষ্টত উভয় ক্ষেত্রেই উৎপন্ন সংকর ধাতু অসমসত্ত্ব হইবে।

কিন্তু অধিকাংশ সংকর ধাতুই আন্তঃধাতুক যৌগ এবং উদ্বৃত্ত ধাতু কেলাসের অসমসত্ত্ব মিশ্রণ। যে-নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত হইয়া দুইটি ধাতু আন্তঃধাতুক যৌগ উৎপন্ন করে, মিশ্রণে সেই অনুপাত অপেক্ষা ভিন্ন অনুপাত ব্যবহৃত হইলে, আলোচ্য

প্রকৃতির অসমসত্ব সংকর ধাতু উৎপন্ন হয়। দৃষ্টান্তস্বরূপ ম্যাগনেসিয়াম ও লেড Mg_2Pb সঙ্কেতের আন্তঃধাতুক যৌগ উৎপন্ন করে যাহার গলনাঙ্ক 551°C, যেখানে বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়াম ও লেডের গলনাঙ্ক যথাক্রমে 650°C ও 327°C। এক্ষেত্রে দুইটি ইউটেক্‌টিক মিশ্রণের সাক্ষাৎ পাওয়া যায়। এজন্য ম্যাগনেসিয়াম-লেড সংকর ধাতুর কঠিনীভবনের প্রক্রিয়া সামান্য জটিল। নিম্নোক্ত গলনক্ষমতা লেখচিত্রের সাহায্যে এই কঠিনীভবন প্রক্রিয়া বুঝিতে সুবিধা হইবে।



Mg-Pb সমবায়ের গলনক্ষমতা লেখচিত্র (fusibility curve)

চিত্র 1.5

চিত্রে B এবং D বিন্দু যথাক্রমে ইউটেক্‌টিক তাপমাত্রা 460°C এবং 250°C সূচিত করিতেছে। ABCDE রেখার মধ্যে C বিন্দুর ভুজ ও কোটি যথাক্রমে Mg_2Pb-এর সংযুক্তি ও গলনাঙ্কের নির্দেশক। গলিত সংকর ধাতু হইতে ম্যাগনেসিয়াম AB রেখাংশ বরাবর এবং লেড ED রেখাংশ বরাবর পৃথক হয়। Mg_2Pb পৃথক হয়, BCD রেখাংশ বরাবর। সুতরাং যদি গলিত সংকর ধাতুর মধ্যে 40% লেড (ম্যাগনেসিয়াম 60%) থাকে, তাহা হইলে সেটিকে শীতল করা হইলে প্রথমে ম্যাগনেসিয়াম পৃথক হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে। তাপমাত্রা 460°C পৌঁছাইলে অবশিষ্ট সমস্ত গলিত অংশ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া একই সঙ্গে কঠিনীভূত হইবে এবং অতি সূক্ষ্ম ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর এবং Mg_2Pb যৌগের কেলাসে গঠিত ইউটেক্‌টিক মিশ্রণ উৎপন্ন হইবে। গলিত সংকর ধাতুতে লেডের পরিমাণ বৃদ্ধি করিয়া ধরা যাক 75% করিলে শীতলীকরণের ফল একইরূপ হইবে, তবে সেক্ষেত্রে প্রথমে পৃথক হইবে Mg_2Pb যৌগ। Mg_2Pb পৃথক হইবার সঙ্গে সঙ্গে তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে যতক্ষণ না তাহা ইউটেক্‌টিক তাপমাত্রা 460°C-এ উপনীত হয়। আবার গলিত সংকর ধাতুতে লেডের পরিমাণ 80% অপেক্ষা অধিক হইলে শীতলীকরণের ফলে, CDE রেখাংশ অনুসরণ করিয়া সামগ্রিক কঠিনীভবন ঘটিবে 250°C ইউটেক্‌টিক তাপমাত্রায়। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, লেখটির বামদিকের A হইতে C অংশ প্রকৃতপক্ষে Mg_2Pb এবং ম্যাগনেসিয়ামে প্রস্তুত সংকর ধাতুর গলনক্ষমতার লেখ

এবং দক্ষিণদিকের C হইতে D অংশ লেড এবং Mg_2Pb দ্বারা গঠিত সংকর ধাতুর গলনক্ষমতা লেখ।

1.9 সংকর ধাতু প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি

(1) গলন পদ্ধতি ঃ সংকর ধাতু প্রস্তুতির সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ পদ্ধতি গলন পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে সংকর ধাতুর উপাদানগুলিকে প্রয়োজনীয় অনুপাতে লইয়া একত্রে গলিত করা হয়। গলিত মিশ্রণকে শীতল করিলে উহা কঠিন সংকর ধাতুতে পরিণত হয়।

বিকল্প পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় অনুপাতে উপাদান ধাতুগুলি লইয়া পৃথক পৃথক পাত্রে গলিত করা হয় এবং তারপর গলিত ধাতুগুলিকে তরল অবস্থায় মিশ্রিত করিবার পর শীতল করিলে কঠিনীভূত সংকর ধাতু পাওয়া যায়। গলন পদ্ধতিতে কপার ও জিঙ্ক মিশ্রিত করিয়া ব্রাস অর্থাৎ পিতল এবং কপার ও টিন মিশ্রিত করিয়া ব্রোঞ্জ প্রস্তুত করা হয়।

(2) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে প্রথমে সংশ্লিষ্ট ধাতুগুলির উপযুক্ত লবণের মিশ্র দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। অতঃপর ঐ দ্রবণকে উপযুক্ত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে মিশ্র ধাতু সঞ্চিত হয়। তড়িৎ-লেপিত সংকর ধাতু উৎপন্ন করার জন্য এই পদ্ধতির ব্যাপক প্রচলন আছে। দৃষ্টান্তস্বরূপ পটাসিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণে কপার সায়ানাইড ও জিঙ্ক সায়ানাইড দ্রবীভূত করিয়া 3·5 ভোল্ট বিভবপ্রভেদে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে কপার ও জিঙ্ক একত্রিতভাবে ব্রাস হিসাবে সঞ্চিত হয়। সঠিক বিভবপ্রভেদ ব্যবহার করা খুবই গুরুত্বপূর্ণ, কেননা জিঙ্ক আয়নের মুক্তির জন্য প্রমাণ অবস্থায় কপার আয়নের তুলনায় প্রায় 1.1 ভোল্ট অতিরিক্ত বিভবপ্রভেদ প্রয়োগ করিতে হয় এবং তাই কম বিভবপ্রভেদ ব্যবহার করিলে ক্যাথোডে শুধুমাত্র কপার সঞ্চিত হইতে দেখা যায়।

(3) উচ্চচাপ পদ্ধতি ঃ অনেক সময় নিম্ন গলনাঙ্কের সংকর ধাতু প্রস্তুতির জন্য উপাদান ধাতুগুলির সূক্ষ্ম চূর্ণ প্রয়োজনীয় অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া উচ্চচাপ প্রয়োগ করা হয়। চাপের প্রভাবে মিশ্রিত ধাতুচূর্ণ গলিত হইয়া সংকর ধাতুতে পরিণত হয়। এই পদ্ধতিতে 1 ভাগ ক্যাডমিয়াম, 1 ভাগ টিন, 2 ভাগ লেড ও 4 ভাগ বিস্মাথের মিশ্রণ হইতে উড্‌স মেটাল (Wood's metal) নামক মাত্র 71°C গলনাঙ্কবিশিষ্ট সংকর ধাতু প্রস্তুত করা যায়।

(4) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি ঃ অনেক সময় মুচির মধ্যে উপাদান ধাতুগুলিকে সরাসরি মুক্ত অবস্থায় লইয়া গলিত করা হয় না। তাহার পরিবর্তে উহাদের একটির বা কয়েকটির অক্সাইডকে মিশ্রণের অন্তর্ভুক্ত করিয়া মুচির মধ্যে কার্বনের সাহায্যে শ্বেততপ্ত উষ্ণতায় বিজারিত করা হয়। ইহার ফলে কম খরচে সংকর ধাতু পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে অন্যান্য উপাদানের সহিত টাংস্টেন ট্রাইঅক্সাইড

মিশ্রণকে বিজারিত করিয়া টাংস্টেন স্টীল (7-20%W, 2-6% Cr, 1%V, অবশিষ্ট Fe) প্রস্তুত করা যায়।

1.10 সংকর ধাতুর ধর্ম

সংকর ধাতুর ধর্ম বহুবিষয়ে উপাদান ধাতুগুলির ধর্ম হইতে স্বতন্ত্র। বহুবিধ আন্তঃধাতুক যৌগ ও কঠিন দ্রবণের অস্তিত্বের জন্য উপাদান ধাতুগুলির গড় ধর্মও সংকর ধাতুর ধর্মে প্রতিফলিত হয় না।

বহুক্ষেত্রেই সংকর ধাতুর গলনাঙ্ক নিম্নতম গলনাঙ্কবিশিষ্ট উপাদান ধাতুর গলনাঙ্ক হইতেও কম। ক্যাডমিয়াম, টিন, লেড ও বিসমাথ মিশ্রণে গঠিত 'উড্‌স মেটাল' সংকর ধাতুর গলনাঙ্ক (71°C) উপাদান ধাতুগুলির মধ্যে নিম্নতম গলনাঙ্কবিশিষ্ট ধাতু, টিনের গলনাঙ্ক (232°C) অপেক্ষাও অনেক কম। এমনকি ফুটন্ত জলও এই সংকর ধাতুকে গলিত করে। অপরপক্ষে সংকর ধাতুর কাঠিন্য সাধারণত উপাদান ধাতুগুলির প্রত্যেকের কাঠিন্য অপেক্ষা অধিক হয়, বিশেষত যদি ঐ সংকর ধাতুতে আন্তঃধাতুক যৌগ উপস্থিত থাকে। এসব আন্তঃধাতুক যৌগের কাঠিন্য এবং ভঙ্গুরতা উপাদান ধাতুগুলির তুলনায় অধিকতর। সংকর ধাতুতে পরিণত হইবার ফলে উপাদান ধাতুগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তাও হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। সেইজন্য কাঠিন্য বৃদ্ধি এবং জলবায়ুর সংস্পর্শজনিত ক্ষয় হ্রাস করিবার জন্য এবং নমনীয়তা, সম্প্রসারণশীলতা, ঘাতসহনশীলতা, ঘনত্ব ইত্যাদি বহুবিধ ভৌতধর্ম নিয়ন্ত্রণের জন্য বিভিন্ন সংকর ধাতু প্রস্তুত করা হয়।

1.11 বিভিন্ন সংকর ধাতুর সংযুতি ও ব্যবহার

নাম	শতকরা সংযুতি	ব্যবহার
সাধারণ পিতল বা ব্রাস	Cu 70-75 ; Zn 25-30	বাসনপত্র, নল, যন্ত্রাংশ
মুনংস মেটাল	Cu 60 ; Zn 40	কাঠের জাহাজের ধাতব পাত
ব্রোঞ্জ	Cu 90 ; Sn 10	মূর্তি, বাসনপত্র, কামান
মেসিন তৈরির ব্রোঞ্জ	Cu 80-90 ; Sn 5-18 ; Zn 2-10	বাসনপত্র, যন্ত্রাংশ, মুদ্রা
ডেল্টা মেটাল	Cu 55 ; Zn 40 ; Fe +Mn 5	বিয়ারিং, ভাল্‌ভ, জাহাজের প্রোপেলার
মোনেল মেটাল	Cu 28, Ni 67, Fe+ Mn 5	পাম্প, পাখার ব্লেড, যন্ত্রাংশ
বেল মেটাল	Cu 80-83 ; Sn 17-20	ঘণ্টা, ধাতব আয়না
জার্মান সিলভার	Cu 55 ; Zn 25 ; Ni 20	বাসনপত্র গহনা, ফুলদানি
নিকেল ব্রাস	Cu 45 ; Zn 45 ; Ni 10	বাসনপত্র, যন্ত্রাংশ
কন্‌সট্যান্টান	Cu 60, Ni 40	থার্মোকাপল, রেজিস্টেন্স বক্স

নাম	শতকরা সংযুতি	ব্যবহার
গান মেটাল	Cu 85, Sn 5, Zn 10	বন্দুক, সামরিক অস্ত্র
অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Cu 88, Al 8, Fe+Mn 4	তড়িৎলেপন, মূর্তি, মুদ্রা
ডুরালুমিন	Al 95 ; Cu 4; Mg 0·5 ; Mn 0·5	এরোপ্লেন কাঠামো, যন্ত্রাংশ, বাসন
ম্যাগ্‌নেলিয়াম	Al 88-98 ; Mg 2-12	যন্ত্রাংশ, পাত্র
ওয়াই ধাতু সংকর	Al 93 ; Cu 4; Ni 2; Mg 1	মরিচারোধী কাঠামো এবং যন্ত্রাংশ
ফাইন সোলডার	Pb 33·3 ; Sn 66·7	ঝালাই কার্য
সফ্‌ট সোলডার	Pb 50 ; Sn 50	ঝালাই কার্য
পিউটার	Pb 20 ; Sn 80	জলাধার
ফ্রারী মেটাল	Pb 97 ; Ba 2 ; Ca 1	মেসিন বিয়ারিং
কম্পো	Pb 90 ; Sb 10	পাইপ প্রস্তুতি
টাইপ মেটাল	Pb 75 ; Sb 20 ; Sn 5	ছাপার অক্ষর ও ব্লক
উড্‌স মেটাল	Pb 25, Bi 50, Cd 12·5, Sn 12·5	ঝালাই, ধাতুছিদ্র বন্ধ
সাধারণ স্টীল	Fe 98-99·8 ; C 0·2-2	যন্ত্রাংশ, কাঠামো, স্প্রিং
স্টেনলেস স্টীল (18 : 8)	Fe 74 ; Cr 18 ; Ni 8	মরিচারোধী যন্ত্র, বাসনপত্র, পাত্র
টাংস্টেন স্টীল	W 7-20 ; Cr 2-6 ; V 1 ; Fe 73-90	ব্লেড, দ্রুতগতিশীল যন্ত্র
নাইক্রোম	Ni 60 , Fe 25, Cr 15	বৈদ্যুতিক হিটার, বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি
ম্যাঙ্গানিজ স্টীল	Fe 87-এর বেশি Mn 13-এর কম	প্রস্তর বিচূর্ণক, শিরস্ত্রাণ, যন্ত্রাংশ

সার-সংক্ষেপ

ধাতুর বৈশিষ্ট্য ঃ ধাতু সাধারণত কঠিন কেলাসাকার ও ধাতব ঔজ্জ্বল্যযুক্ত। আঘাত করিলে ধাতু হইতে বৈশিষ্ট্যসূচক ধাতব শব্দ নির্গত হয়। ইহাদের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক বা আপেক্ষিক গুরুত্ব সাধারণত অধাতু অপেক্ষা অধিক। ধাতুর মধ্যে বিভিন্ন মাত্রায় দৃঢ়তা, প্রসারণশীলতা, নমনীয়তা ইত্যাদি ধর্ম এবং তাপ বা তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতা দেখিতে পাওয়া যায়। ধাতুদেহ ধনাত্মক আয়ন ও মুক্ত ইলেকট্রনের সমবায়ে গঠিত এবং এই গঠনই ধাতুর অধিকাংশ বৈশিষ্ট্যসূচক ভৌতধর্মের কারণ।

ধাতুর প্রধান রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য এই যে, ইহার পরমাণু খুব সহজেই যোজ্যতা ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়নে পরিণত হইতে পারে। সেইজন্য ইহারা শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। 'তড়িৎ রাসায়নিক সারি' বা 'তড়িচ্চালক বল সারি' নামে পরিচিত একটি সারির মধ্যে বিভিন্ন ধাতুকে, ধাতব লবণ দ্রবণ হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করার পারস্পরিক ক্ষমতার ভিত্তিতে, ক্রমহ্রাসমান সক্রিয়তার ক্রমে সজ্জিত করা হইয়াছে [K, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Au]।

ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডগুলি সাধারণত ক্ষারকীয়, কিন্তু Al, Zn ইত্যাদি কতকগুলি ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড উভধর্মী হিসাবে আচরণ করে। আবার Mn, Cr ইত্যাদি কতকগুলি পরিবর্তনশীল যোজ্যতাসম্পন্ন ধাতুর উচ্চতর অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডের মধ্যে অ্যাসিড ধর্ম পরিলক্ষিত হয়।

সাধারণত ধাতুগুলি H_2-এর সহিত বিক্রিয়া না করিলেও K, Na বা Ca-এর মত তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক ধাতুগুলি অনুরূপ বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ঋণাত্মক আধানযুক্ত হাইড্রাইড আয়নে পরিণত হয়। জটিল যৌগ গঠনও ধাতুর অপর এক বৈশিষ্ট্য।

প্রকৃতিতে ধাতুর অবস্থিতি ঃ গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি কয়েকটি অল্পসংখ্যক বরধাতুকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া গেলেও অধিকাংশ ধাতুকেই যৌগরূপে ভূগর্ভ হইতে খনন করিয়া বাহির করা হয়। সেইজন্য ইহাদের খনিজ বলে। যে-সকল খনিজ হইতে সহজে ও সুলভে ধাতু নিষ্কাশন করা যায় সেগুলিকে সংশ্লিষ্ট ধাতুর আকরিক বলে। স্বভাবতই আকরিকের সংখ্যা খনিজ হইতে অনেক কম। রক সল্ট (NaCl), কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$), বক্সাইট (Al_2O_3, $2H_2O$), রেড হিমাটাইট (Fe_2O_3) যথাক্রমে Na, Cu, Al ও Fe ধাতুর গুরুত্বপূর্ণ আকরিক।

ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বিবিধ প্রক্রিয়া ঃ আকরিক হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতু প্রস্তুত ও পরিশুদ্ধ করার পদ্ধতিকে ধাতু নিষ্কাশন বলা হয়। ধাতু নিষ্কাশনকালে পেষণ ও বিচূর্ণীকরণ, গাঢ়ীকরণ, তাপজারণ, ভস্মীকরণ, বিগলন ইত্যাদি প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। আকরিকে উপস্থিত বালি, মাটি, পাথর ইত্যাদি অশুদ্ধিগুলিকে একত্রিতভাবে 'খনিজমল' বলে। গাঢ়ীকরণ, বিগলন ইত্যাদি প্রক্রিয়ার সময় এগুলি বিদূরিত হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়া ও গলন একত্রিতভাবে 'বিগলন' নামে পরিচিত। বিগলনের সময় চুল্লীতে 'বিগালক' যোগ করা হয়। 'বিগালক' উপস্থিত খনিজমলের সহিত যুক্ত হইয়া উহাকে 'ধাতুমল' হিসাবে দূরীভূত করে।

ধাতু নিষ্কাশনের জন্য কার্বন বিজারণ, স্বতঃ-বিজারণ অথবা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনুসৃত হইতে পারে। জিঙ্ক বা আয়রন নিষ্কাশনে কার্বন বিজারণ পদ্ধতি, কপার নিষ্কাশনে স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি এবং সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

সংকর ধাতু ঃ দুই বা ততোধিক ধাতুর আন্তঃধাতুক যৌগ বা কঠিন দ্রবণ বা সাধারণ মিশ্রণ অথবা উহাদের সংযোগে গঠিত ধাতব ধর্মযুক্ত কঠিন পদার্থকে সংকর ধাতু বলে। সংকর ধাতুতে এক বা একাধিক অধাতুও উপস্থিত থাকিতে পারে কিন্তু অন্তত একটি ধাতু থাকিবেই। সংকর ধাতুর একটি উপাদান মার্কারি বা পারদ হইলে উহাকে **পারদসংকর** বলা হয়।

সংকর ধাতু প্রস্তুতির জন্য নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি অনুসৃত হয় ঃ (1) গলন পদ্ধতি, (2) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি, (3) উচ্চচাপ পদ্ধতি এবং (4) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. ধাতুর বৈশিষ্টগুলি আলোচনা করিয়া অধাতুর সহিত ধাতুর ধর্মের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

2. আকরিক এবং খনিজের মধ্যে পার্থক্য কি? ধাতু নিষ্কাশনের সাধারণ পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

3. সংকর ধাতু এবং পারদ সংকরের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর। সংকর ধাতুর প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

4. প্রধান প্রধান আকরিকগুলির নাম কর এবং প্রত্যেকটির ক্ষেত্রে একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

5. টীকা লিখ ঃ (a) তৈলভাসন পদ্ধতি [J.E. '81], (b) অ্যালুমিনোথার্মিক পদ্ধতি [J. E. '81, H. S. '81], (c) ভস্মীকরণ, (d) মারুত চুল্লী।

6. দুইটি ধাতু A ও B-এর মধ্যে নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি দেখিতে পাওয়া যায় ঃ

A—নিম্ন গলনাঙ্ক ; একটিমাত্র ক্লোরাইড গঠন করে এবং ক্লোরাইড হিসাবে প্রকৃতিতে অবস্থান করে ; ইহার অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষারধর্মী হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

B—উচ্চ গলনাঙ্ক, বিভিন্ন ক্লোরাইড গঠন করিতে পারে কিন্তু প্রকৃতিতে সুস্থিত অক্সাইড রূপে অবস্থান করে। উভয় ধাতু নিষ্কাশনের একটি করিয়া প্রণালী বর্ণনা কর। [J. E. 83]

7. নিম্নলিখিত যুগলগুলির মধ্যে পার্থক্য কি?

(a) সংকর ধাতু ও পারদ সংকর [I. I. T. '78, H. S. '81]

(b) ধাতুমল ও বিগালক [I. I. T. '78]

(c) বিগলন ও তাপজারণ [I. I. T. '78]

(d) খনিজ ও আকরিক (H. S. '79)

(e) ভস্মীকরণ ও তাপজারণ

(f) ধাতুমল ও খনিজমল

8. সংকর ধাতু বলিতে কি বুঝ? ধাতুকে সংকর ধাতুতে পরিণত করিলে কি সুবিধা হয়? বিভিন্ন শ্রেণীর সংকর ধাতুর একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

9. কপার ভিত্তিক, আয়রন ভিত্তিক ও অ্যালুমিনিয়াম ভিত্তিক দুইটি করিয়া সংকর ধাতুর নাম, সংযুতি ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

10. (a) নিম্নে উল্লিখিত ধাতুনিষ্কাশন পদ্ধতিগুলির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। প্রত্যেকটি পদ্ধতির একটি করিয়া উদাহরণ দিতে হইবে।

(i) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি, (ii) তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি, (iii) স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি।

(b) উপাদানসমূহের নাম উল্লেখ করিয়া একটি ধাতু সংকরের নাম লেখ।

[H. S. 1984]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত মৌলগুলি উহাদের ইলেক্ট্রোপজিটিভ ধর্মের ক্রমানুসারে সজ্জিত :

$$Na > Mg > Al > Zn > Fe > H > Cu > Pt$$

এই তথ্য হইতে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :

(i) Mg ও Fe-এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক জারণ-ক্ষমতাসম্পন্ন?

(ii) Cu ও Zn-এর মধ্যে কোন্‌টির সালফেট দ্রবণের মধ্যে অপর ধাতুটি যোগ করিলে উক্ত মৌলটি মুক্ত হইবে?

(iii) Na ও Cu-এর মধ্যে কোন্‌টির প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকার সম্ভাবনা অধিক?

(iv) Mg ও Fe-এর মধ্যে কোন্‌টিকে তুমি তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করার জন্য বাছিয়া লইবে?

(v) কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Na ও Fe-এর মধ্যে কোন্‌টির নিষ্কাশনের সম্ভাবনা কম?

2. নিম্নলিখিত ধাতুগুলির নামের পাশে উহাদের নিষ্কাশনের উপযুক্ত পদ্ধতি ডানদিকে প্রদত্ত তালিকা হইতে লইয়া মিলাইয়া লিখ :

(a) জিঙ্ক	গলিত লবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ
(b) ক্যালসিয়াম	কার্বন বিজারণ
(c) আয়রন	স্বতঃ-বিজারণ
(d) কপার	কার্বন মনোক্সাইড বিজারণ

[I. I. T. '79]

3. (a) কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক ও আয়রন উভয় ধাতুকেই নিষ্কাশিত করা হয়। কিন্তু জিঙ্ককে কি আয়রন নিষ্কাশনের অনুরূপ উপায়ে মারুত চুল্লীতে নিষ্কাশন করা সম্ভব ?—ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1984]

(b) জিঙ্ককে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে নিষ্কাশন করা যায়। কিন্তু অ্যালুমিনিয়ামকে কি অনুরূপ উপায়ে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া নিষ্কাশন করা সম্ভব ? ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1984]

(c) গোল্ডস্মিট থার্মিট পদ্ধতিতে ধাতুনিষ্কাশন নীতি বিবৃত কর। এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয় এমন দুইটি ধাতুর নাম লিখ। [J. E. 1984]

(d) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা যায় না কেন ? [J. E. 1981]

(e) উষ্ণতা বাড়িলে ধাতুর তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা কমিয়া যায় কেন ?

(f) ধাতুর উচ্চমাত্রার তড়িৎ-পরিবাহিতার কারণ কি ?

(g) ধাতুর নমনীয়তা ও প্রসারণশীলতা ধর্মের কারণ কি ?

(h) ধাতুগুলি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ কেন ?

(i) ধাতুনিষ্কাশন পদ্ধতিকে মূলত বিজারণ পদ্ধতি হিসাবে গণ্য করা হয় কেন ?

(j) ফেনভাসন পদ্ধতিতে আকরিক গাঢ়ীকরণের সময় ফেনায়নক (frother) ব্যবহার করা হয় কেন ?

(k) ফেনভাসন পদ্ধতিতে গ্যালেনা গাঢ়ীকরণের সময় চুন ব্যবহার করা হয় কেন ?

(l) প্রবাহীভূত পীঠিকা তাপজারণ (fluidized bed roasting) পদ্ধতির সুবিধা কি ?

(m) বালি-জাতীয় অপদ্রব্য দূরীকরণে কি প্রকার বিগালক ব্যবহৃত হয় ?

(n) আয়রন নিষ্কাশনকালে মারুত চুল্লীতে কেন উত্তপ্ত বায়ু অনুপ্রবিষ্ট করা হয় ?

(o) জিঙ্ক তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত হইলেও ইহাকে উহার লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া নিষ্কাশন করা সম্ভব কেন ?

(p) অঞ্চল গলন পদ্ধতিতে ধাতু শোধনের ভিত্তি কি ?

(q) সংকর ধাতুর ধর্ম উপাদান ধাতুর ধর্ম হইতে স্বতন্ত্র হয় কেন ?

(r) ZnO হইতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Zn নিষ্কাশন করা যায় কিন্তু Al_2O_3 হইতে এই পদ্ধতিতে Al নিষ্কাশন করা হয় না কেন ?

4. নিম্নলিখিত অশুদ্ধিগুলি কিভাবে দূর করিবে ?

(i) ধাতব Cu হইতে Cu_2O

(ii) ধাতব Zn হইতে ZnO

(iii) ধাতব Sn হইতে Fe

(iv) ধাতব Cu হইতে Pt

5. কারণ দেখাও :

(i) প্রকৃতিতে Au, Ag এবং Pt মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

(ii) প্রকৃতিতে Na, Mg, Al, Zn, Fe ইত্যাদি যৌগ হিসাবে অবস্থান করে।

6. কি প্রকার আকরিকের ক্ষেত্রে তাপজারণ পদ্ধতি ব্যবহার হয়? তাপজারণের ক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। এই পদ্ধতি ব্যবহারের কারণ কি?

7. MS যদি একটি ধাতু M-এর সালফাইড আকরিক হয় তাহা হইলে নিম্নলিখিত শর্তে কিভাবে ধাতুটিকে নিষ্কাশন করিবে?

(i) M হইল তীব্র পরাতড়িৎধর্মী সক্রিয় ধাতু

(ii) M তুলনামূলকভাবে নিষ্ক্রিয় ধাতু

8. MCO_3 একটি ধাতু M-এর কার্বনেট আকরিক। ইহা হইতে ধাতুটি কিভাবে নিষ্কাশন করিবে যদি

(i) M তীব্র পরাতড়িৎধর্মী সক্রিয় ধাতু হয়?

(ii) M তুলনামূলকভাবে নিষ্ক্রিয় ধাতু হয়?

9. নিম্নলিখিত ধাতুগুলি উহাদের তড়িৎ-ধনাত্মকতার ক্রমানুসারে সজ্জিত করা হইল :

$$Ca > Na > Mg > Al > Zn < Fe > Pb > Cu$$

(i) ইহাদের মধ্যে কোন্‌গুলিকে তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করিতে হইবে?

(ii) ইহাদের মধ্যে কোন্ ধাতুগুলির অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইবেনা?

(iii) এই ধাতুগুলির কোন্‌গুলি লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন মুক্ত করিবে না?

(iv) কোন্ ধাতুগুলির হাইড্রক্সাইড জলে জলীয় এবং উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত হইবে না?

(v) কোন্ ধাতুগুলির হাইড্রক্সাইড উত্তাপ প্রয়োগে অক্সাইডে পরিণত হয়?

(vi) কোন্ ধাতুগুলি শীতল জলের সহিত বিক্রিয়া করিবে না?

(vii) ইহাদের মধ্যে কোন্ ধাতুগুলি লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইবে?

কয়েকটি ধাতু এবং উহাদের যৌগ

SOME METALS AND THEIR COMPOUNDS

[**Syllabus :** Extraction of the following metals (omiting details) :
Na, Cu, Ca, Zn, Al, Fe

Steel—Manufacture (Bassemer and openhearth process only).

Alloys and Amalgams.

Properties (both physical and chemical) and uses of the above metals. Chemistry of their oxides, hydroxides, chlorides, nitrates, sulphates and carbonates (preparation, properties and uses).

Large-scale production and uses of Caustic Soda, Sodium Carbonate and Bicarbonate, Quick and Slaked Lime, Bleaching powder, Plaster of Paris, Common Alum.]

২

সোডিয়াম ও উহার যৌগ

SODIUM AND SOME OF ITS COMPOUNDS

চিহ্ন Na — পারমাণবিক গুরুত্ব 23

ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$, $2s^2$ $2p^6$, $3s^1$ — পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 11

2.1 উৎস

সোডিয়াম ধাতু অত্যন্ত সক্রিয় বলিয়া প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। কিন্তু যৌগরূপে ইহা বহুল পরিমাণে ছড়াইয়া রহিয়াছে। প্রাণিদেহের সর্বত্র সোডিয়াম যৌগ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করিলেও উদ্ভিদদেহে ইহার ভূমিকা অত গুরুত্বপূর্ণ নহে। প্রকৃতিতে সোডিয়াম যৌগের প্রধান উৎসগুলি নিম্নরূপ :

(1) **সোডিয়াম ক্লোরাইড :** খাদ্যলবণ রূপে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl), সমুদ্রের জলে এবং লবণ হ্রদে দ্রবীভূত অবস্থায় এবং খনিজ লবণ (Rock salt) হিসাবে খনির মধ্যে কঠিন অবস্থায় বিপুল পরিমাণে পাওয়া যায়।

(2) **সোডিয়াম নাইট্রেট :** চিলিসল্টপিটার-রূপে চিলিতে প্রচুর পরিমাণ সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) খনিজ পাওয়া যায়।

(3) **সোডিয়াম কার্বনেট** (Na_2CO_3, $10H_2O$) এবং কার্বনেট-বাইকার্বনেট মিশ্রণ (Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $2H_2O$)-এর খনিজ ভাণ্ডার পৃথিবীর অনেক দেশে দেখিতে পাওয়া যায়। আমাদের দেশে এই ধরনের খনিজকে 'সাজিমাটি' বলে।

(4) **সোডিয়াম সালফেট** অথবা **সোডিয়াম সালফেট-ক্যালসিয়াম সালফেটের** যুগ্ম লবণ হিসাবে,

(5) **সোহাগা** (Borax) বা **সোডিয়াম পাইরোবোরেট** ($Na_2B_4O_7, 10H_2O$) হিসাবে এবং

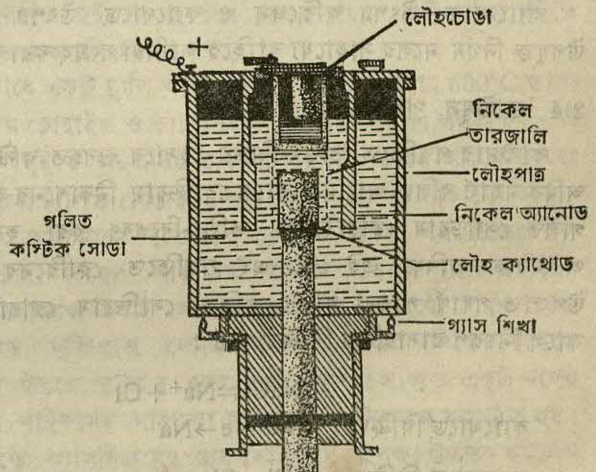
(6) **অ্যালবাইট** (albite) বা **সোডিয়াম ফেল্‌সপার** $NaAl(SiO_3)_3$ হিসাবে প্রকৃতিতে সোডিয়াম যৌগের খনিজ দেখিতে পাওয়া যায়।

2.2 সোডিয়াম নিষ্কাশন

তড়িৎ-বিশ্লেষণ ব্যতীত সোডিয়ামের মত সক্রিয় ধাতুকে মুক্ত করা সম্ভব নহে। কিন্তু সোডিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে হাইড্রোজেন আয়নের মুক্তিবিভব সোডিয়াম আয়ন অপেক্ষা অনেক কম বলিয়া সোডিয়ামের পরিবর্তে হাইড্রোজেন মুক্তিলাভ করে। তাই সোডিয়াম প্রস্তুতির জন্য প্রচলিত দুইটি পদ্ধতির একটিতে (কাস্টনার পদ্ধতি) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে গলিত কস্টিক সোডা এবং অন্যটিতে (ডাউন্‌স পদ্ধতি) গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

2.3 কাস্টনার পদ্ধতি

1807 খ্রীস্টাব্দে সোডিয়াম ধাতু প্রথম নিষ্কাশনের সময়ে ডেভী গলিত কস্টিক সোডা তড়িৎ-বিশ্লেষণের যে-পথ অবলম্বন করিয়াছিলেন কাস্টনার পদ্ধতিতে মূলত সেই পথই অনুসৃত হয়। একটি চোঙাকৃতি আয়রন-নির্মিত পাত্রে কস্টিক সোডা (গলনাঙ্ক 318°C) গ্যাসশিখা দ্বারা গলিত করিয়া তাপমাত্রা অনূর্ধ্ব 330° C রাখা হয়। ক্যাথোড হিসাবে একটি আয়রন দণ্ড পাত্রের নিচের দিক হইতে অনুপ্রবিষ্ট হইয়া, পাত্রের নিম্নাংশে কঠিনীভূত কস্টিক সোডার সাহায্যে উল্লম্বভাবে দাঁড়াইয়া থাকে। ক্যাথোডের ঠিক উপরে স্থাপিত ঢাকনাযুক্ত লোহার চোঙায় গ্যাস নির্গমনের জন্য



চিত্র 2.1 কাস্টনার কোষ

একটি নির্গম নল আছে। ক্যাথোডকে বেষ্টন করিয়া চোঙাকৃতি নিকেল অ্যানোডকে উপরি-উক্ত লোহার চোঙা হইতে ঝুলানো নিকেল তারজালির সহিত বৈদ্যুতিকভাবে সংযুক্ত রাখা হয়। তারজালি ক্যাথোডকে অ্যানোড হইতে পৃথক রাখে। ক্যাথোডে মুক্তিপ্রাপ্ত সোডিয়াম ধাতু ঐ তারজালির জন্য অ্যানোড স্পর্শ করিতে না পারিয়া উপরের ঢাকনাযুক্ত চোঙার মধ্যে ভাসিয়া উঠে এবং সচ্ছিদ্র চামচের সাহায্যে উহাকে বাহিরে আনা হয়। চোঙাটির মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাসও উৎপন্ন হয় বলিয়া মুক্তিপ্রাপ্ত সোডিয়াম অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিয়া জারিত হইতে পারে না (চিত্র 2.1)।

রাসায়নিক বিক্রিয়া : $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + \bar{OH}$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $4\bar{OH} \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Na^+ + e \rightarrow Na$

অ্যানোডে উৎপন্ন জল অণুর আয়নীভবনের ফলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে কিছু হাইড্রোজেন আয়নও উৎপন্ন হয়। $H_2O \rightleftharpoons H^+ + \bar{OH}$। উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন ক্যাথোডে প্রশমিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয়।

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2$$

অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন ও ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাসকে উপযুক্ত নির্গম নলের সাহায্যে বাহিরে আনিয়া সংগ্রহ করা হয়।

2.4 ডাউন্‌স পদ্ধতি :

কাস্টনার পদ্ধতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহৃত কস্টিক সোডা অপেক্ষাকৃত অধিক মহার্ঘ বলিয়া আধুনিক কালে সোডিয়াম নিষ্কাশনের জন্য ডাউন্‌স পদ্ধতিতে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ডাউন্‌স পদ্ধতির অতিরিক্ত সুবিধা এই যে, এই পদ্ধতিতে ক্লোরিনের মত একটি মূল্যবান উপজাত পদার্থ পাওয়া যায়। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে নিম্নরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে :

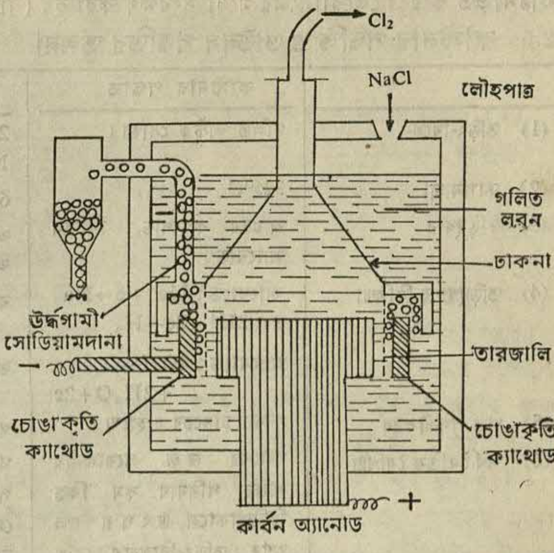
$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + \bar{Cl}$$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Na^+ + e \rightarrow Na$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $2\bar{Cl} \rightarrow Cl_2 + 2e$

বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক (801°C) বেশ উচ্চ। তাই তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে একভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত প্রায় দুইভাগ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করিয়া নিম্নতম গলনাঙ্কের মিশ্রণে (eutectic) পরিণত করা হয়। এই মিশ্রণকে 600°C তাপমাত্রাতেই গলিত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা চলে। নিম্নতর তাপমাত্রা ব্যবহৃত হওয়ার ফলে (1) গলিত করার শক্তির সাশ্রয় হয়,

(2) তড়িৎকোষে দুর্গল (refractory) পদার্থে নির্মিত আভ্যন্তরীণ আস্তরণের ক্ষয়ের মাত্রা কমে, (3) ক্লোরিন গ্যাস সংগ্রহে সুবিধা হয় এবং (4) সোডিয়াম ধাতু কুয়াশার আকার ধারণ করিয়া সংগ্রহের পথে বাধা সৃষ্টি করে না। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডকে 800°C-এর ঊর্ধ্বে গলাইয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে, সোডিয়াম ধাতুর (স্ফুটনাঙ্ক 883°C) বাষ্পীভূত হইয়া কুয়াশায় পরিণত হইবার এবং গলিত ক্লোরাইডের মধ্যে কলয়ডীয় অবস্থায় প্রলম্বিত হইবার প্রবণতা দেখা যায়। এই অবস্থা হইতে উহাকে সংগ্রহ করা অত্যন্ত অসুবিধাজনক।



চিত্র 2.2 ডাউনস পদ্ধতি

বাস্তবে ডাউন্‌স কোষে একটি দুর্গল আস্তরণযুক্ত লৌহপাত্রে প্রায় 600°C তাপমাত্রায় গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রণ লওয়া হয়। ঐ মিশ্রণকে নিচের দিক হইতে অনুপ্রবিষ্ট গ্রাফাইট বা গ্যাস কার্বন অ্যানোড এবং উহাকে পরিবেষ্টিত করিয়া স্থাপিত চোঙাকৃতি আয়রন ক্যাথোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। অ্যানোডে মুক্তিপ্রাপ্ত ক্লোরিন গ্যাস অ্যানোডের ঠিক উপরে স্থাপিত উল্টানো ফানেল আকৃতির ঢাকনার মাধ্যমে নিষ্ক্রান্ত হয়। অ্যানোড হইতে ক্যাথোডকে একটি লৌহ তারজালির সাহায্যে পৃথক রাখা হয়। ফলে ক্যাথোডে মুক্তিপ্রাপ্ত সোডিয়াম অ্যানোডের দিকে যাইতে না পারিয়া ক্যাথোডের উপরে স্থাপিত বলয়াকৃতি ঢাকনার মাধ্যমে একটি নলের মধ্যে ভাসিয়া উঠে এবং সাইফনের সাহায্যে বাহিরের একটি পাত্রে সংগৃহীত হয়। তড়িচ্চালক বল সারিতে ক্যালসিয়ামের স্থান সোডিয়াম অপেক্ষা উচ্চতর হইলেও সোডিয়াম আয়ন এবং ক্যালসিয়াম আয়নের মধ্যে মুক্তিবিভবের (discharge potential) প্রভেদ খুব সামান্য। তাই মুক্তিপ্রাপ্ত সোডিয়ামের সঙ্গে সর্বদাই কিছু পরিমাণ ক্যালসিয়াম মুক্ত হইয়া গলিত সোডিয়ামের মধ্যে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। কিন্তু তাপমাত্রা কমিবার সঙ্গে সঙ্গে গলিত সোডিয়ামে ক্যালসিয়ামের দ্রাব্যতা হ্রাসপ্রাপ্ত হইতে থাকে এবং ভারী ক্যালসিয়াম ধাতুর কেলাস নিচে থিতাইয়া পড়ে। পরিশেষে গলিত সোডিয়ামকে 105-110°C তাপমাত্রায় পরিস্রাবিত

করিলে 99·9% বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। ইহাকে নাইট্রোজেন পরিবেশে কঠিনীভূত করিয়া কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয় (চিত্র 2.2)।

2.5 কাস্টনার পদ্ধতি ও ডাউন্‌স পদ্ধতির তুলনা

	কাস্টনার পদ্ধতি	ডাউন্‌স পদ্ধতি
(1) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য	গলিত কস্টিক সোডা।	2 : 1 অনুপাতে $CaCl_2$ ও NaCl মিশ্রণ।
(2) তাপমাত্রা	325°C	600°C
(3) তড়িদ্দ্বার	আয়রন ক্যাথোড, নিকেল অ্যানোড।	আয়রন ক্যাথোড, গ্রাফাইট অ্যানোড।
(4) তড়িদ্দ্বারে বিক্রিয়া	ক্যাথোডে : $Na^+ + e \rightarrow Na$ এবং $2H^+ + 2e — H_2$ অ্যানোডে : $4O\bar{H} \rightarrow O_2 + 2H_2O + 2e$	ক্যাথোডে : $Na^+ + e \rightarrow Na$ অ্যানোডে : $2C\bar{l} \rightarrow Cl_2 + 2e$
(5) ধাতু পৃথকীকরণ	সচ্ছিদ্র চামচের সাহায্যে।	স্বতঃস্ফূর্ত সাইফনের সাহায্যে।
(6) অর্থনৈতিক বৈশিষ্ট্য	গলনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তির পরিমাণ কম কিন্তু বিক্রিয়াকালে উৎপন্ন জল অণুর তড়িৎ-বিশ্লেষণে বেশি তড়িৎশক্তি ব্যয়িত হয়। তুলনামূলকভাবে কাঁচামালের দাম বেশি এবং উপজাত দ্রব্যের (H_2 ও O_2) দাম কম।	গলনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তির পরিমাণ বেশি এবং কিছু সোডিয়াম বাষ্পীভূত হইয়া নষ্ট হইতে পারে। কিন্তু কাঁচামাল সস্তা ও সহজলভ্য এবং উপজাত দ্রব্য তুলনামূলকভাবে বেশি মূল্যবান।

2.6 সোডিয়ামের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : সোডিয়াম রজতশুভ্র নরম ধাতু, ছুরি দিয়া কাটা যায়। ইহা তড়িতের সুপরিবাহী। সোডিয়ামের সদ্যকর্তিত বহির্তল আর্দ্রবায়ুতে বিক্রিয়ার ফলে অতি দ্রুত মলিন হইয়া যায় বলিয়া ইহাকে কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয়। ইহা জল অপেক্ষা হালকা, আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·97। গলনাঙ্ক 98°C এবং স্ফুটনাঙ্ক প্রমাণচাপে 883°C। সোডিয়াম বাষ্পের রঙ বেগুনী এবং ইহা একপরমাণুক। সোডিয়াম তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হইয়া ঘন নীলবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন করে, যাহা রাখিয়া দিলে সোডিয়ামের সহিত অ্যামোনিয়ার ধীরগতি বিক্রিয়ার জন্য ফ্যাকাসে হইয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) অধাতুর সহিত বিক্রিয়া : সোডিয়াম পরমাণুর আয়নীভবন শক্তি (সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রনের পরিপ্রেক্ষিতে) সংশ্লিষ্ট পর্যায়ের অন্য সকল মৌলের তুলনায় নিম্নতম। তাই সোডিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু। ইহা অধিকাংশ অধাতুর সহিত যুক্ত হইতে পারে।

(a) **বায়ুতে বিক্রিয়া :** শুষ্ক বায়ু বা অক্সিজেনে সোডিয়াম ধাতু আক্রান্ত হয় না। কিন্তু আর্দ্র বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে সোডিয়ামের উপর প্রথমে একটি অক্সাইডের আবরণ সৃষ্ট হয়। $4Na + O_2 = 2Na_2O$

উৎপন্ন সোডিয়াম মনোক্সাইড ইহার পর বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

$Na_2O + H_2O = 2NaOH$; $2NaOH + CO_2 = H_2O + Na_2CO_3$

সোডিয়াম মনোক্সাইড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সোডিয়াম কার্বনেট

এজন্য সোডিয়াম ধাতুকে সর্বদা কেরোসিনের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়।

বায়ু বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম উজ্জ্বল সোনালী হলুদ শিখাসহ জ্বলিয়া সোডিয়াম মনোক্সাইড ও সোডিয়াম পারঅক্সাইডে পরিণত হয়।

$4Na + O_2 = 2Na_2O$; $2Na + O_2 = Na_2O_2$

সোডিয়াম মনোক্সাইড সোডিয়াম পারঅক্সাইড

(b) **হ্যালোজেনের সহিত বিক্রিয়া :** সোডিয়াম ফ্লুয়োরিনের সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে, কিন্তু অন্যান্য ক্ষেত্রে হ্যালাইডে পরিণত করার জন্য সোডিয়ামকে ক্লোরিন গ্যাস অথবা ব্রোমিন বা আয়োডিন বাষ্পের মধ্যে উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয়। $2Na + X_2 = 2NaX$ (যেখানে $X = F$, Cl, Br বা I)

(c) **হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া :** শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে সোডিয়ামকে প্রায় 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন হয়। $2Na + H_2 = 2NaH$ (সোডিয়াম হাইড্রাইড)

সোডিয়াম হাইড্রাইড আয়নীয় কেলাসাকার যৌগ, যাহার মধ্যে হাইড্রোজেন ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত আয়ন হিসাবে অবস্থান করে এবং গলিত সোডিয়াম হাইড্রাইড তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে উহা অ্যানোডে মুক্ত হয়। $NaH \rightleftharpoons Na^+ + H^-$

সোডিয়াম হাইড্রাইড শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেনে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফরমেটে পরিণত হয়।

$NaH + H_2O = NaOH + H_2$; $NaH + CO_2 = HCOONa$ (সোডিয়াম ফরমেট)

(d) **সালফারের সহিত বিক্রিয়া :** সালফার বাষ্পের মধ্যে সোডিয়াম জ্বলিতে থাকে। সোডিয়াম সালফাইডের সঙ্গে কতগুলি পলিসালফাইডও উৎপন্ন হয়।

$2Na + S = Na_2S$ (সোডিয়াম সালফাইড) ;

$2Na + xS \rightarrow Na_2S_x$ (সোডিয়াম পলিসালফাইড; যেখানে $x = 2-5$)

(2) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :** তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে উচ্চস্থানের অধিকারী সোডিয়াম অনেক হাইড্রোজেন যৌগ হইতে হাইড্রোজেন এবং বিভিন্ন ধাতুর যৌগ হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতুকে মুক্ত করে।

(a) **জলের সহিত বিক্রিয়া :** শীতল অবস্থায় সোডিয়াম জলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া এত তীব্র হয় যে, অনেক সময় নির্গত হাইড্রোজেন জ্বলিয়া উঠে।

$2Na + 2H_2O = 2NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ H_2$

(b) **অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া :** লঘু অ্যাসিডের সহিত সোডিয়াম জল অপেক্ষা বেশি তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও লবণ উৎপন্ন করে।

$2Na+2HCl=2NaCl$ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) $+H_2$

(c) **অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া :** উত্তপ্ত সোডিয়ামের (400°C) উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করিলে সোডামাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। $2NH_3+2Na=H_2+2NaNH_2$ (সোডামাইড)

উৎপন্ন সোডামাইড জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়।

$NaNH_2+H_2O=NaOH+NH_3$ (অ্যামোনিয়া)

(d) **ধাতু প্রতিস্থাপন :** বায়ুর অনুপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায় সোডিয়াম তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে উহার নিম্নে অবস্থিত ধাতুর যৌগ হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করে।

$Al_2O_3+6Na=2Al+3Na_2O$; $ZnCl_2+2Na=Zn+2NaCl$

(e) **ক্ষারীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া :** সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সহিত সোডিয়াম বিক্রিয়া না করিলেও উক্ত দ্রবণের দ্রাবক অর্থাৎ জলের সহিত বিক্রিয়া করে। সেজন্য কস্টিক সোডা দ্রবণে সোডিয়াম নিক্ষিপ্ত হইলে হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং কস্টিক সোডা দ্রবণের গাঢ়ত্ব বাড়িয়া যায়।

$$2Na+2H_2O=H_2+2NaOH$$

(3) **বিজারণ বিক্রিয়া :** সোডিয়াম অতি সহজে উহার যোজ্যতা ইলেকট্রন বর্জন করিয়া সোডিয়াম আয়নে পরিণত হইতে পারে। $Na \rightarrow Na^{+}+e$। সেইজন্য সোডিয়াম অত্যন্ত শক্তিশালী বিজারক। পূর্বোক্ত বিক্রিয়াগুলিও সোডিয়ামের বিজারণ ক্ষমতার নিদর্শন। সোডিয়াম কার্বন ডাই-অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইডকেও বিজারিত করে।

(a) জ্বলন্ত সোডিয়াম খণ্ড কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে কার্বন কণিকা পৃথক করিয়া জ্বলিতে থাকে। $3CO_2+4Na=C+2Na_2CO_3$ (সোডিয়াম কার্বনেট)

(b) উত্তপ্ত সোডিয়াম সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সংশ্লিষ্ট সালফাইট ও থায়োসালফেট উৎপন্ন করে।

$$4Na + 3SO_2 = \underset{\text{সোডিয়াম সালফাইট}}{Na_2SO_3} + \underset{\text{সোডিয়াম থায়োসালফেট}}{Na_2S_2O_3}$$

2·7 সোডিয়ামের ব্যবহার

(1) সোডিয়ামের সর্বাপেক্ষা অধিক ব্যবহার টেট্রাইথাইল লেড প্রস্তুতিতে। টেট্রাইথাইল লেড পেট্রোলের 'নকিং' (knocking), অর্থাৎ বায়ুমিশ্রিত পেট্রোল বাষ্পের অসময়ে বিস্ফোরণ নিবারণের জন্য পেট্রোলে মিশ্রিত করা হয়।

(2) সোডিয়াম সায়ানাইড এবং সোডিয়াম অ্যালকিল সালফেট প্রস্তুতিতে বিপুল পরিমাণ সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(3) সোডিয়াম পারঅক্সাইড প্রস্তুতিতে এবং অন্য কতগুলি ধাতুর নিষ্কাশনেও সোডিয়ামের ব্যবহার আছে।

(4) সোডিয়ামের অন্যান্য ব্যবহারের মধ্যে, লেবরেটরিতে পারদসঙ্কর রূপে, বিজারক হিসাবে, পটাসিয়ামের সহিত সংকর ধাতুরূপে, উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপক থার্মোমিটার নির্মাণে, বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈব তরল জলমুক্ত করিতে এবং যুদ্ধের জন্য আগুনে বোমা নির্মাণে উহার ব্যবহার অন্যতম।

সোডিয়ামের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ

সোডিয়াম মনোক্সাইড, Na_2O

2.8 প্রস্তুত প্রণালী

(1) 180-200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়া সীমিত পরিমাণ বায়ু অথবা নাইট্রাস অক্সাইড প্রবাহিত হইলে সোডিয়াম মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। অপরিবর্তিত সোডিয়ামকে অতঃপর পাতনের সাহায্যে দূরীভূত করা হয়।

$$O_2+4Na=2Na_2O\ ;\ N_2O+2Na=N_2+Na_2O$$

(2) সোডিয়াম পারঅক্সাইড, সোডিয়াম নাইট্রেট বা সোডিয়াম নাইট্রাইটকে ধাতব সোডিয়ামের সহিত উত্তপ্ত করিলেও সোডিয়াম মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$Na_2O_2+2Na=2Na_2O\ ;\ 2NaNO_3+10Na=6Na_2O+N_2$$

(3) সোডিয়াম নাইট্রাইট বা সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত সোডিয়াম অ্যাজাইড উত্তপ্ত করিলে অতি বিশুদ্ধ সোডিয়াম মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_3+5NaN_3=3Na_2O+8N_2$$

2.9 ধর্ম

সোডিয়াম মনোক্সাইড সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া সোডিয়াম পারঅক্সাইড ও ধাতব সোডিয়ামে পরিণত হয়। $2Na_2O=Na_2O_2+2Na$

ইহা জলাকর্ষী এবং জলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। $Na_2O+H_2O=2NaOH$

সাধারণ তাপমাত্রায় সোডিয়াম মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে না, কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিমণ্ডলীতে উত্তপ্ত করিলে ইহা প্রজ্বলিত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে। $Na_2O+CO_2=Na_2CO_3$

2.10 ব্যবহার

সোডিয়াম পারঅক্সাইড উৎপাদনে ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

সোডিয়াম পারঅক্সাইড, Na_2O_2

2.11 প্রস্তুতি

অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে সোডিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম পারঅক্সাইড শিল্পোৎপাদনের জন্য অ্যালুমিনিয়াম ট্রের উপর সোডিয়াম ধাতুকে 300°C তাপমাত্রায় পরিস্রুত বায়ুর

প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। বিকল্প পদ্ধতিতে প্রথমে সোডিয়াম ধাতুকে একটি ঘূর্ণায়মান লৌহ সিলিণ্ডারের মধ্যে জ্বালাইয়া সোডিয়াম অক্সাইডে পরিণত করা হয়; অতঃপর ঐ সোডিয়াম অক্সাইডকে অপর একটি ঘূর্ণায়মান ড্রামের মধ্যে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহের উপস্থিতিতে আরো জারিত করিয়া সোডিয়াম পার-অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

$$2Na+O_2=Na_2O_2\ ;\ 4Na+O_2=2Na_2O\ ;\ 2Na_2O+O_2=2Na_2O_2$$

2.12 ধর্ম

সোডিয়াম পারঅক্সাইড বিশুদ্ধ অবস্থায় হালকা হলুদবর্ণ, কিন্তু বায়ুর সংস্পর্শে আসিলে হাইড্রক্সাইড ও কার্বনেটের আস্তরণ সৃষ্ট হয় বলিয়া সাদা দেখায়। তীব্রভাবে উত্তপ্ত হইলে সোডিয়াম পারঅক্সাইড হইতে অক্সিজেন নির্গত হয়। $2Na_2O_2=2Na_2O+O_2$

বরফ ও জলের মিশ্রণে ধীরে ধীরে সোডিয়াম পারঅক্সাইড যোগ করিয়া দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে তীব্র ক্ষারীয় ধর্ম প্রদর্শন করে। $Na_2O_2+2H_2O=H_2O_2+2NaOH$ উত্তপ্ত করিলে ঐ দ্রবণ হইতে অক্সিজেন নির্গত হয়।

ঘরের উষ্ণতায় সোডিয়াম পারঅক্সাইডে জল যোগ করিলেও উত্তাপ নির্গত হইবার ফলে অক্সিজেনমুক্ত হয়। $2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2\uparrow$

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সোডিয়াম পারঅক্সাইডকে বিয়োজিত করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। সেজন্য সোডিয়াম পারঅক্সাইডকে সাবমেরিন ইত্যাদি আবদ্ধ স্থানে বায়ু পরিষ্কৃত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

সোডিয়াম পারঅক্সাইড শক্তিশালী জারক পদার্থ। ইহা সবুজবর্ণ ক্রোমিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপকে জলীয় দ্রবণের মধ্যে জারিত করিয়া হলুদবর্ণ সোডিয়াম ক্রোমেটে পরিণত করে।

$$2Cr(OH)_3+3Na_2O_2=2Na_2CrO_4+2NaOH+2H_2O$$

সোডিয়াম পারঅক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে সোডিয়াম সালফেটে এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে সোডিয়াম ম্যাঙ্গানেটে জারিত করে।

$$Na_2O_2+SO_2=Na_2SO_4\ ;\ Na_2O_2+MnO_2=Na_2MnO_4$$

সোডিয়াম পারঅক্সাইড ও কাঠের গুঁড়া মিশ্রণ ফিল্টার পেপারে রাখিয়া জল দ্বারা সিক্ত করিলে আগুন জ্বলিয়া উঠে। সদ্য প্রস্তুত কাঠ কয়লার সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি ঢাকনাঢাকা পোর্সেলিন মুচির মধ্যে 300-400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে, তীব্র বিক্রিয়া ঘটিয়া মুচির ঢাকনার তলায় ধাতব সোডিয়াম মুক্ত হয়। $3Na_2O_2+2C=2Na_2CO_3+2Na$

2.13 ব্যবহার

সাবমেরিন, সিনেমা, থিয়েটার ইত্যাদি আবদ্ধ স্থানের বায়ুকে শোধন করিবার জন্য সোডিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন পার-

অক্সাইডের শিল্পোৎপাদনে এবং বিরঞ্জক রূপে ইহার ব্যবহার আছে। রসায়নাগারে জারক দ্রব্য রূপে এবং অক্সিজেন প্রস্তুতিতেও ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

কস্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ; NaOH

2.14 প্রস্তুতি

বিশুদ্ধ জল ফুটাইয়া শীতল করিবার পর রূপার ডিসে লইয়া, উহার মধ্যে শোধিত সোডিয়ামের পরিষ্কৃত খণ্ড ধীরে ধীরে নিক্ষেপ করা হয়। বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট জলকে বাষ্পীভূত করিয়া কস্টিক সোডাকে গলিত করা হয়। এইরূপে যে কস্টিক সোডা উৎপন্ন হয় তাহা বিশুদ্ধ। বিকল্প পদ্ধতিতে ইথার স্তর দ্বারা আবৃত জলের মধ্যে সোডিয়াম খণ্ড নিক্ষেপ করা হয়। সোডিয়াম ইথার স্তরে ভাসিয়া উঠিয়া ধীরগতিতে জলের সহিত বিক্রিয়া করে।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

2.15 শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি

সনাতন ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা প্রস্তুতি ক্রমশ বিলুপ্ত হইতেছে। উহার পরিবর্তে তড়িৎ-বিশ্লেষণ নীতির ভিত্তিতে রচিত দুই প্রকার পদ্ধতি, যথা, মার্কারি ক্যাথোড পদ্ধতি এবং মধ্যাবরক পদ্ধতি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হইতেছে।

ক্ষারীকরণ পদ্ধতি ঃ ফোটানো চুন এবং সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের বিক্রিয়ায় অত্যল্প দ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটসহ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের উৎপত্তিই এই পদ্ধতির ভিত্তি।

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons 2NaOH + CaCO_3$$

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[CaCO_3]\ [NaOH]^2}{[Na_2CO_3]\ [Ca(OH)_2]} = \frac{[OH^-]^2}{[CO_3^{=}]}$$

(যেহেতু $Ca(OH)_2$ এবং $CaCO_3$ কঠিন অবস্থায় বর্তমান।)

উপরোক্ত বিক্রিয়ার সাম্য সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল। সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের গাঢ়ত্ব হ্রাস করিলে উৎপাদনের হার বর্ধিত হয়। কিন্তু অতিরিক্ত লঘু দ্রবণ ব্যবহার করিলে প্রাপ্ত কস্টিক সোডা দ্রবণ বাষ্পীভূত করিতে প্রচুর শক্তি ব্যয়িত হয়। সেইজন্য ব্যবহৃত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মাত্রা 16-20% রাখা হয়, যে-গাঢ়ত্বে সোডিয়াম কার্বনেটের কস্টিক সোডায় রূপান্তরের হার প্রায় 90%। বিক্রিয়ায় তাপের তারতম্য সামান্য বলিয়া সাম্য ধ্রুবকের উপর তাপমাত্রার প্রভাব নগণ্য। সেইজন্য উচ্চতর তাপমাত্রা ব্যবহার করিয়া বিক্রিয়ায় দ্রুততর গতিলাভের উদ্দেশ্যে দ্রবণের মধ্যে বাষ্পচালনা করিয়া তাপমাত্রা 100°C রাখা হয়।

বাস্তব প্রণালীতে আলোড়ক সংযুক্ত তিনটি ট্যাঙ্কের সারিতে প্রয়োজনীয় অনুপাতে মিল্ক অব লাইম এবং 16-20% সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিয়া 100°C তাপমাত্রায় আলোড়িত করা হয় এবং বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত 11%-12% গাঢ়ত্বের

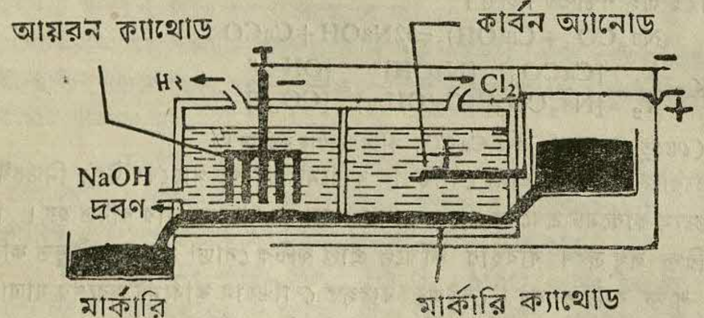
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণকে আস্রাবণ ও পরিস্রাবণ দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে পৃথক করিয়া বাষ্পীভূত করা হয়। প্রাপ্ত কঠিন কস্টিক সোডার মধ্যে সাধারণত সামান্য পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে।

2.16 তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি

সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে সোডিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত হয় এবং মুক্তিপ্রাপ্ত সোডিয়াম জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও কস্টিক সোডা উৎপন্ন করে। কিন্তু উৎপন্ন কস্টিক সোডা জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যানোডের চারিপাশেও সঞ্চিত হয় এবং উৎপন্ন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট, সোডিয়াম ক্লোরেট ইত্যাদিতে পরিণত হয়। সেইজন্য কস্টিক সোডা প্রস্তুতির জন্য এমন উপায় গ্রহণ করা প্রয়োজন যাহাতে অ্যানোডে উৎপন্ন কস্টিক সোডা ক্যাথোডের সংস্পর্শে আসিতে না পারে। এই উদ্দেশ্যসাধনের জন্যই তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে মার্কারি ক্যাথোড কোষ অথবা মধ্যচ্ছদা বা মধ্যাবরক কোষ ব্যবহার করা হয়।

2.17 মার্কারি ক্যাথোড কোষ (Mercury Cathode Cell)

বিভিন্ন প্রকার মার্কারি ক্যাথোড কোষের মধ্যে এখানে কাস্টনার-কেলনারের রূপান্তরিত কোষের (Castner-Kellner's modified cell) বর্ণনা ও ক্রিয়া প্রদত্ত হইল।



চিত্র 2.3 কাস্টনার কেলনারের রূপান্তরিত কোষ

একটি আয়তাকার ট্যাঙ্ককে উপর হইতে ঝুলানো কাঠের পার্টিসান দেয়ালের সাহায্যে দুইটি স্বতন্ত্র প্রকোষ্ঠে বিভক্ত করিয়া এই কোষ নির্মাণ করা হয়। ঝুলন্ত কাঠের পার্টিসান ও ট্যাঙ্কের নিম্নতলের মধ্যে একটি ফাঁক রাখা হয়, যাহা এক নম্বর প্রকোষ্ঠ হইতে দুই নম্বর প্রকোষ্ঠ অভিমুখে প্রবাহিত মার্কারি স্তর দ্বারা আবৃত থাকিয়া প্রকোষ্ঠ দুইটিকে স্বতন্ত্র করিয়া রাখে। এক নম্বর প্রকোষ্ঠ গাঢ় লবণজল বা ব্রাইন দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহার মধ্যে একটি গ্রাফাইট দণ্ডকে অ্যানোড হিসাবে এবং

দুই নম্বর প্রকোষ্ঠ কস্টিক সোডার লঘু জলীয় দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহার মধ্যে একগুচ্ছ লৌহদণ্ডকে ক্যাথোড হিসাবে অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। মার্কারি স্তরকেও আয়রন ক্যাথোডের সহিত তড়িৎ-পরিবাহীর সাহায্যে যুক্ত রাখা হয় বলিয়া এই পদ্ধতিকে মার্কারি ক্যাথোড পদ্ধতি বলে। প্রযুক্ত বিভব প্রভেদ 4·3 ভোল্ট।

অ্যানোড প্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া : একনম্বর বা অ্যানোড প্রকোষ্ঠে ক্যাটায়ন হিসাবে সোডিয়াম আয়নের সহিত হাইড্রোজেন আয়ন উপস্থিত থাকিলেও মার্কারি তড়িদ্‌দ্বারে হাইড্রোজেন আয়ন মুক্ত হওয়ার জন্য অতিরিক্ত বিভবের (over-voltage) প্রয়োজন হয় বলিয়া শুধুমাত্র সোডিয়াম আয়নই মুক্ত হয় এবং পারদ-সঙ্কর রূপে দ্বিতীয় প্রকোষ্ঠে প্রবাহিত হইয়া যায়।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

মার্কারি ক্যাথোডে $Na^+ + e + Hg \rightarrow Na, Hg$

কার্বন অ্যানোডে $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$

কার্বন অ্যানোডে মুক্ত ক্লোরিন গ্যাসকে নির্গম নলের মাধ্যমে বাহিরে আনিয়া সংগ্রহ করা হয়। মধ্যে মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া অ্যানোড প্রকোষ্ঠে লবণজলের গাঢ়ত্ব সঠিক মাত্রায় বজায় রাখা অত্যাবশ্যক।

ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া : দুই নম্বর বা ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে মার্কারি এবং আয়রন উভয় তড়িদ্‌দ্বারই ক্যাথোডের সহিত যুক্ত। কিন্তু হাইড্রোজেন আয়নের আয়রন তড়িদ্‌দ্বারে মুক্ত হইবার জন্য প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত বিভব (overvoltage) মার্কারী তড়িদ্‌দ্বারের তুলনায় যৎসামান্য বলিয়া তড়িদ্‌দ্বার দুইটি জলের সংস্পর্শে এক হ্রস্ববর্তনী কোষ (short circuited cell) হিসাবে কাজ করে যাহার অ্যানোড মার্কারি এবং ক্যাথোড আয়রন। সোডিয়াম পারদসঙ্কর হইতে সোডিয়াম পরমাণু মার্কারি তড়িদ্‌দ্বারে ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া আয়নিত হয় এবং পরিত্যক্ত ইলেকট্রন আয়রন তড়িদ্‌দ্বারে উপস্থিত হইয়া জলের আয়নীভবনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়নকে প্রশমিত করে।

বিক্রিয়া : $H_2O \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$

মার্কারি তড়িদ্‌দ্বারে $Na \rightarrow \overset{+}{Na} + e$

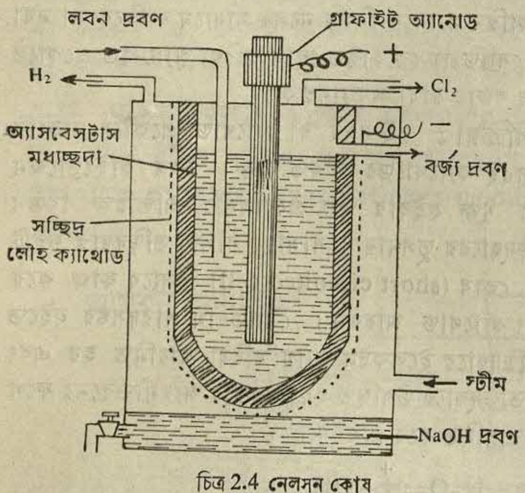
আয়রন তড়িদ্‌দ্বারে $2\overset{+}{H} + 2e \rightarrow H_2$

সুতরাং ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে সোডিয়াম আয়ন ও হাইড্রক্সিল আয়নের পরিমাণ অর্থাৎ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের পরিমাণ বাড়িতে থাকে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন গ্যাসকে নির্গম নলের মাধ্যমে বাহিরে আনিয়া সংগ্রহ করা হয় এবং 30-40% মাত্রায় গাঢ়ীভূত কস্টিক সোডা দ্রবণকে আংশিকভাবে অপসারিত করিয়া বিশুদ্ধ জল দ্বারা অবশিষ্ট দ্রবণের গাঢ়ত্ব হ্রাস করা হয়। অপসারিত কস্টিক সোডা দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে বিশুদ্ধ, সোডিয়াম ক্লোরাইড-মুক্ত কস্টিক সোডা পাওয়া যায়। $\overset{+}{Na} + \overset{-}{OH} \rightleftharpoons NaOH$

2.18 মধ্যচ্ছদা অথবা মধ্যাবরক কোষ (Diaphragm cell)

মধ্যচ্ছদা কোষে ক্যাথোড হইতে অ্যানোড একটি অ্যাস্‌বেস্‌টস-নির্মিত মধ্যচ্ছদা দ্বারা পৃথক করা থাকে। অ্যানোড কক্ষ গাঢ় লবণজল বা ব্রাইন দ্বারা পূর্ণ রাখা হয়। ক্যাথোড কক্ষে ক্যাথোড-তরল থাকিতে পারে কিংবা কিছু না-ও থাকিতে পারে। কিন্তু তরল থাকিলেও উহার উচ্চতা অ্যানোড তরলের উচ্চতা অপেক্ষা কম রাখা হয় যাহাতে দ্রবণ সর্বদা অ্যানোড হইতে ক্যাথোড অভিমুখে প্রবাহিত হইতে পারে। মধ্যচ্ছদার সূক্ষ্ম ছিদ্রগুলি ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে ধীরে ধীরে ভরাট হইয়া উঠে এবং 100 হইতে 200 দিন অন্তর উহাকে বদল করার প্রয়োজন হয়। বিভিন্ন মধ্যচ্ছদা কোষের মধ্যে নেলসন কোষ নামক একটিকে এখানে বর্ণনা করা হইতেছে।

নেলসন কোষঃ একটি আয়তাকার ইস্পাতের চৌবাচ্চার সহিত তড়িৎ অন্তরিতভাবে একটি U-আকৃতির সচ্ছিদ্র আয়রন ক্যাথোড সংযুক্ত করিয়া নেলসন কোষ নির্মাণ করা হয়। ক্যাথোডের উপর স্থাপিত একটি অ্যাস্‌বেস্‌টস-নির্মিত মধ্যচ্ছদা কোষকে ঊর্ধ্বে অ্যানোড প্রকোষ্ঠে এবং নিম্নে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে বিভক্ত করে। গাঢ় সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ বা ব্রাইন দ্বারা পূর্ণ অ্যানোড প্রকোষ্ঠে একটি গ্রাফাইট অ্যানোড ডুবাইয়া রাখা হয়। এতদ্‌ব্যতীত অ্যানোড প্রকোষ্ঠে ব্রাইনের প্রবেশ নল ও ক্লোরিনের নির্গমনল এবং ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে স্টীমের প্রবেশ নল, হাইড্রোজেনের নির্গমনল ও কস্টিক সোডা দ্রবণের নির্গমনল সংযুক্ত থাকে। অ্যানোড ও ক্যাথোডকে ব্যাটারির দুই মেরুর সহিত সংযুক্ত করিলে তড়িৎ-বিশ্লেষণ শুরু হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে আয়নিত অবস্থায় থাকে। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$



চিত্র 2.4 নেলসন কোষ

মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে দ্রবণ অ্যাস্‌বেস্‌টস পর্দা ভেদ করিয়া চুয়াইয়া চুয়াইয়া নিচে নামিবার সময়ে ঋণাত্মক তড়িদ্‌গ্রস্ত ক্লোরাইড আয়ন নিম্নদিক হইতে লৌহক্যাথোড দ্বারা বিকর্ষিত হয় এবং ঊর্ধ্বদিকে গ্রাফাইট অ্যানোড দ্বারা আকর্ষিত হয়। ইহার ফলে ক্লোরাইড আয়ন দ্রবণের সহিত নিম্নে না নামিয়া ঊর্ধ্বদিকে গতিশীল হয় এবং গ্রাফাইট তড়িদ্দ্বারে ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া মুক্তিলাভ করে।

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$$

ক্যাথোডে উপনীত দ্রবণের মধ্যে ধনাত্মক আধানযুক্ত সোডিয়াম আয়ন ব্যতীতও জলের আয়নীভবনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন থাকে।

$$H_2O \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$$

হাইড্রোজেন আয়নের মুক্তিবিভব (**discharge potential**) অর্থাৎ বিজারণ বিভব বা ইলেকট্রন গ্রহণের জন্য প্রয়োজনীয় বিভব, সোডিয়াম আয়ন অপেক্ষা কম। আয়রন তড়িদ্দ্বারে হাইড্রোজেন আয়নের মুক্তিলাভের জন্য প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত বিভবের পরিমাণ নগণ্য বলিয়া, আয়রন ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়নের পরিবর্তে হাইড্রোজেন আয়ন মুক্তিলাভ করে। $2\overset{+}{H} + 2e = H_2$

হাইড্রোজেন আয়ন দূরীভূত হইবার ফলে দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন উদ্বৃত্ত হয় এবং দ্রবণ বাষ্পীভূত করিলে সোডিয়াম আয়নের সহযোগে কঠিন কস্টিক সোডা গঠন করে। $\overset{+}{Na} + \overset{-}{OH} \rightleftharpoons NaOH$

নেলসন কোষে স্টীম চালিত করার উদ্দেশ্য দ্বিবিধ। (1) স্টীম চালনার ফলে তাপমাত্রা বর্ধিত হইয়া অ্যাস্‌বেস্‌টসের ছিদ্র অবরোধকারী কঠিন কস্টিক সোডা কণিকাগুলিকে দ্রবীভূত করে। (2) তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে দ্রবণের সান্দ্রতা কমিয়া উৎপাদন হার বাড়াইয়া দেয়। নেলসন কোষ হইতে সংগৃহীত দ্রবণে সাধারণত 10-12% কস্টিক সোডা উপস্থিত থাকে। কিন্তু ইহার সহিত অশুদ্ধি হিসাবে প্রায় সমপরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইডও বর্তমান থাকিতে পারে। বাষ্পীভূত করিয়া দ্রবণের গাঢ়ত্ব 50% অপেক্ষা অধিক করিবার পর, সম-আয়ন প্রক্রিয়ার (common ion effect) ফলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের অধিকাংশ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে পৃথক করিয়া পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পীভবনের সাহায্যে কঠিনে পরিণত করিলে অনধিক 1% সোডিয়াম ক্লোরাইড অশুদ্ধিযুক্ত কস্টিক সোডা পাওয়া যায়।

2.19 মধ্যচ্ছদা কোষ ও মার্কারি ক্যাথোড কোষের তুলনা

উভয় প্রকার কোষই বহুল প্রচলিত এবং উভয় ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন ব্যতীত ক্লোরিনকেও মূল্যবান উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়। মধ্যচ্ছদা কোষে উৎপন্ন কস্টিক সোডায় সর্বদাই কিছু পরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইড অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে কিন্তু মার্কারি ক্যাথোড কোষে উৎপন্ন কস্টিক সোডা অত্যন্ত বিশুদ্ধ। অপরপক্ষে মার্কারি অত্যন্ত মূল্যবান ধাতু বলিয়া মার্কারি ক্যাথোড কোষ নির্মাণে প্রারম্ভিক ব্যয় মধ্যাবরক কোষের তুলনায় অনেক বেশি।

2.20 সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ধর্ম

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সাদা, সামান্য অর্ধস্বচ্ছ, উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·13, গলনাঙ্ক 318·4°C। 1300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা নিম্নলিখিত রূপে বিয়োজিত হয়ঃ

$$2NaOH \rightleftharpoons 2Na + H_2 + O_2$$

ইহার সংস্পর্শে দেহে ক্ষত ও প্রদাহের সৃষ্টি হয়। ইহার জলে দ্রাব্যতা অত্যধিক। জলীয় দ্রবণ সাবানের ন্যায় পিচ্ছিল এবং তীব্র ক্ষারধর্মী। জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল এবং ফিনলথ্যালিন দ্রবণকে লাল করে। বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখিয়া দিলে কঠিন কস্টিক সোডা প্রথমে জলীয় বাষ্প দ্রুত শোষণ করিয়া তরল দ্রবণে পরিণত হয়, কিন্তু পরে ঐ দ্রবণ ক্রমশ কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া সোদক সোডিয়াম কার্বনেটে পুনরায় কঠিনীভূত হইয়া যায়।

$$2NaOH + CO_2 + 9H_2O = Na_2CO_3, 10H_2O$$

(1) **ক্ষারীয় ধর্ম :** জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সম্পূর্ণ আয়নিত হয় এবং বিভিন্ন অ্যাসিডধর্মী ও উভধর্মী অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$NaOH \rightleftharpoons \overset{+}{Na} + \overset{-}{OH}$$
$$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 \text{ (সোডিয়াম সালফাইট)} + H_2O$$
$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 \text{ (সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)} + H_2O$$

অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলেও লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$
$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অ্যামোনিয়াম লবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া নির্গত করে।

$$NaOH + NH_4Cl = NaCl + NH_3 + H_2O$$
$$2NaOH + (NH_4)_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$$

(2) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** উভধর্মী ধাতুগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া কস্টিক সোডা হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 \text{ (সোডিয়াম জিঙ্কেট)} + H_2$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 \text{ (সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)} + 3H_2$$
$$Sn + 2NaOH = Na_2SnO_2 \text{ (সোডিয়াম স্ট্যানাইট)} + H_2$$

(3) **অধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় লঘু ও শীতল সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $Cl_2 + 2NaOH = NaCl + \underset{\text{সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট}}{NaOCl} + H_2O$

কিন্তু গাঢ় ও উত্তপ্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + \underset{\text{সোডিয়াম ক্লোরেট}}{NaClO_3} + 3H_2O$$

শ্বেত ফস্‌ফরাসের সহিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফিন গ্যাস নির্গত হইয়া বায়ুসংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে।

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = \underset{\text{ফস্‌ফিন}}{PH_3} + \underset{\text{সোডিয়াম হাইপোফস্‌ফাইট}}{3NaH_2PO_2}$$

কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত সালফার উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম থায়োসালফেট ও বিভিন্ন পলিসালফাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

$4S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2S_2O_3$ (সোডিয়াম থায়োসালফেট) $+ 3H_2O$

$Na_2S + (x-1)S = Na_2S_x$ (সোডিয়াম পলিসালফাইড)

(4) **অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়াঃ** সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড কতগুলি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে সংশ্লিষ্ট ধাতব হাইড্রক্সাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 \downarrow$ (ফেরিক হাইড্রক্সাইড) $+ 3NaCl$
বাদামী

$MgSO_4 + 2NaOH = Mg(OH)_2 \downarrow$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড) Na_2SO_4
সাদা

তবে উভধর্মী ধাতুর ক্ষেত্রে অধঃক্ষিপ্ত হাইড্রক্সাইড অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় দ্রবীভূত হইয়া যায়।

$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$

$2NaOH + Zn(OH)_2 = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$
সোডিয়াম জিঙ্কেট

$Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3Na_2SO_4$

$NaOH + Al(OH)_3 = NaAlO_2 + 2H_2O$
সোডিয়াম অ্যালুমিনেট

$SnCl_2 + 2NaOH = Sn(OH)_2 \downarrow + 2NaCl$

$2NaOH + Sn(OH)_2 = Na_2SnO_2 + 2H_2O$
সোডিয়াম স্ট্যানাইট

আবার কয়েকটি ক্ষেত্রে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রক্সাইডের পরিবর্তে অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

$2AgNO_3 + 2NaOH = 2NaNO_3 + H_2O + Ag_2O$ (বাদামী অধঃক্ষেপ)

$Hg_2(NO_3)_2 + 2NaOH = 2NaNO_3 + H_2O + Hg_2O$ (ধূসর অধঃক্ষেপ)

$HgCl_2 + 2NaOH = 2NaCl + H_2O + HgO$ (হলুদ অধঃক্ষেপ)

2.21 ব্যবহার

সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনের জন্য, কাপড়কাচা সাবান প্রস্তুতির জন্য, কাগজ এবং রেয়ন তন্তুর শিল্পোৎপাদনে, খনিজ তৈল এবং বক্সাইট শোধনে, পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে এবং অন্যান্য বহু কার্যে কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম ক্লোরাইড, NaCl (খাদ্যলবণ)

2.22 উৎস

সমুদ্রের জলে (প্রায় 2·6%), লবণ হ্রদে এবং লবণ ঝরণায় দ্রবণ হিসাবে এবং রকসল্ট খনিজে কঠিন অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ উপস্থিত থাকে।

2.23 নিষ্কাশন

গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সমুদ্রতীরে বৃহদাকার অগভীর জলাশয় খনন করিয়া সমুদ্র-জলে পূর্ণ করা হয়। বায়ুপ্রবাহ ও রৌদ্রতাপে জল বাষ্পায়িত হইতে থাকিলে গাঢ় দ্রবণ হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়। সচ্ছিদ্র বেলচার সাহায্যে সংগ্রহ করিয়া অতঃপর ঐ কেলাসকে শুষ্ক করা হয়।

শীতপ্রধান অঞ্চলে সমুদ্রজলকে হিমায়িত করিয়া গাঢ় করা হয়। শীতলীকরণের ফলে প্রথমে বরফ কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়। অবশিষ্ট গাঢ় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস পাওয়া যায়।

রকসল্টকে সরাসরি খনন করিয়া খনি হইতে উত্তোলিত করা হয়। বিকল্প পদ্ধতিতে খনিগর্ভে খনন করা কূপে জল ঢালিয়া রকসল্টকে দ্রবণ হিসাবে বাহির করা হয়। ঐ দ্রবণ বাষ্পীভূত করিলে পুনরায় সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস পাওয়া যায়।

উপরি-উক্ত উপায়ে প্রাপ্ত খাদ্যলবণে কিছু সোডিয়াম সালফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি অশুদ্ধি উপস্থিত থাকে। এই সব অশুদ্ধি দূরীকরণের জন্য অবিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া সেই দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালনা করা হয়। সম-আয়ন প্রক্রিয়ায় (common ion effect) সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহাকে ফিলটার করিয়া পৃথক করা হয়। এইরূপে সংগৃহীত সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ধৌত করিয়া শুষ্ক করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

2.24 ধর্ম

সোডিয়াম ক্লোরাইড ঘনকাকৃতি বর্ণহীন কেলাস। গলনাঙ্ক 801°C, স্ফুটনাঙ্ক 1440°C। জলে দ্রাব্য। সোডিয়াম ক্লোরাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে সবুজাভ পীত ক্লোরিন গ্যাস নির্গত করে।

$$NaCl + H_2SO_4 \overset{200°C}{=} NaHSO_4 + HCl;\ 2NaCl + H_2SO_4 \overset{500°C}{=} Na_2SO_4 + 2HCl$$

$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2NaHSO_4 + Cl_2 + 2H_2O$$

সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl \downarrow + NaNO_3$$

2.25 ব্যবহার

খাদ্যলবণ হিসাবে ব্যবহার ব্যতীতও সোডিয়াম ক্লোরাইডকে মৎস্য-মাংস সংরক্ষণের জন্য, সাবান অধঃক্ষিপ্ত (salting out) করিবার জন্য এবং জলের খরতা

দূরীকরণে ব্যবহৃত জিয়োলাইটের পুনরুৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়। বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের শিল্পোৎপাদনে ইহা একটি গুরুত্বপূর্ণ কাঁচামাল। ধাতব সোডিয়াম, কস্টিক সোডা, সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম বাইকার্বনেট, ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। পোড়ামাটির দ্রব্য চক্‌চক করার জন্য এবং শীতপ্রধান দেশে রাস্তায় জমা বরফ গলাইবার জন্যও সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম নাইট্রেট, $NaNO_3$

2.26 উৎস

সোডিয়াম নাইট্রেট বা চিলির সল্টপিটার চিলির বিস্তীর্ণ বৃষ্টিহীন অঞ্চলে খনিজ হিসাবে দেখিতে পাওয়া যায়। খনিজটির মধ্যে প্রায় 35-60% সোডিয়াম নাইট্রেট, কিছু পটাসিয়াম নাইট্রেট এবং অবশিষ্ট সোডিয়াম ক্লোরাইড থাকে।

2.27 নিষ্কাশন

খনিজচূর্ণকে জলের সাহায্যে দ্রাবিত (lixiviate) করিয়া কেলাসিত করিলে 95% বিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। প্রাপ্ত সোডিয়াম নাইট্রেটকে আংশিক কেলাসন পদ্ধতির সাহায্যে পুনঃপুনঃ কেলাসিত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়। বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেট বা কস্টিক সোডা দ্রবণকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করিয়া বাষ্পীভবনের সাহায্যে গাঢ় করিলেও বিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাস উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + CO_2 + H_2O$$

2.28 ধর্ম

সোডিয়াম নাইট্রেট বর্ণহীন রম্বোহেড্রাল কেলাস, ক্যালসাইট কেলাসের ($CaCO_3$) সমাকৃতি। ইহা উদ্‌গ্রাহী এবং জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। ইহা 316°C তাপমাত্রায় গলিত হয় এবং আরো বেশি উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হইয়া সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প নির্গত করে।

$$NaNO_3 + H_2SO_4 \overset{200^\circ C}{=} NaHSO_4 + HNO_3$$

2.29 ব্যবহার

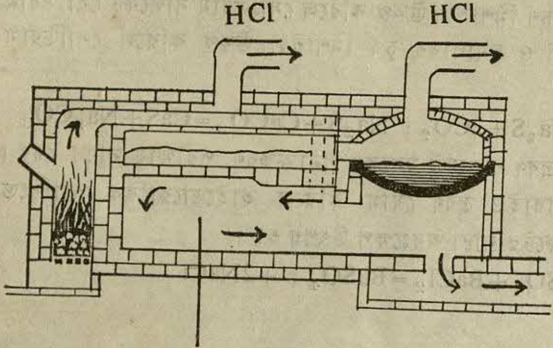
সোডিয়াম নাইট্রেট সার হিসাবে সর্বাপেক্ষা অধিক ব্যবহৃত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম নাইট্রেট এবং সোডিয়াম নাইট্রাইট প্রস্তুতির জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম সালফেট, Na_2SO_4

2.30 উৎস :

সোদক সোডিয়াম সালফেট $Na_2SO_4, 10H_2O$ গ্লবার লবণ (glauber's salt) নামে পরিচিত। সোডিয়াম সালফেটকে অনার্দ্র ও সোদক উভয় রূপেই খনিজ

কটাহে প্রথমে মৃদুভাবে উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নির্গত হইয়া সোডিয়াম বাইসালফেট এবং ব্যবহৃত সোডিয়াম ক্লোরাইডের অপরিবর্তিত অর্ধেক পড়িয়া থাকে। মিশ্রণটি কঠিনীভূত হইতে শুরু করিলে উহাকে চাঁচিয়া বাহির করা হয় এবং চুল্লীর সংবর্ত পীঠিকার উপরে স্থাপন করিয়া অধিকতর তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। এবার সোডিয়াম ক্লোরাইডের অবশিষ্ট অংশ সোডিয়াম বাইসালফেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম সালফেট এবং অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।



চিত্র 2.5 সল্টকেক উৎপাদন

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$NaCl + NaHSO_4 = Na_2SO_4 + HCl$$

দুইটি বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসকেই জলে দ্রবীভূত করিয়া বাণিজ্যিক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়, যাহা এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত একটি অত্যন্ত মূল্যবান উপজাত সামগ্রী।

(b) **কৃষ্ণভস্ম উৎপাদন :** অতঃপর চূর্ণিত সল্টকেককে কোল বা কোকচূর্ণ এবং চুনাপাথর চূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া পরাবর্ত চুল্লীতে অথবা ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। সল্টকেক প্রথমে কার্বনচূর্ণের দ্বারা সোডিয়াম সালফাইডে বিজারিত হয় এবং সেই সোডিয়াম সালফাইড অতঃপর চুনাপাথর চূর্ণ বা ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফাইড ও সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে।

$$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2 \ ; \ Na_2S + CaCO_3 = CaS + Na_2CO_3$$

বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত ধূসরবর্ণ মিশ্রণটি কৃষ্ণভস্ম নামে পরিচিত এবং ইহার মধ্যে 43-45% সোডিয়াম কার্বনেট থাকে।

(c) **কৃষ্ণভস্মের দ্রাবিতকরণ :** তৃতীয় পর্যায়ে কৃষ্ণভস্মকে বিচূর্ণিত করিয়া এক সারি ট্যাঙ্কের মধ্যে জলের সাহায্যে দ্রাবিত করা হয়। ট্যাঙ্কগুলির মধ্যে কৃষ্ণভস্ম পর্যায়ক্রমে গাঢ় হইতে লঘুতর সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সাহায্যে দ্রাবিত হইতে হইতে শেষ ট্যাঙ্কে বিশুদ্ধ জল দ্বারা দ্রাবিত হইয়া নিঃশেষিত হয়। প্রতি ট্যাঙ্কে দ্রাবিতকরণের ফলে প্রাপ্ত দ্রবণকে পূর্ববর্তী ট্যাঙ্কে দ্রাবিতকরণের জন্য

প্রেরণ করিয়া গাঢ়তর করা হয় এবং প্রথম ট্যাঙ্ক হইতে প্রাপ্ত গাঢ় দ্রবণকে সাইফনের সাহায্যে বাহির করিয়া বাষ্পীভূত করিলে সোদক সোডিয়াম কার্বনেট $Na_2CO_3, 10H_2O$ উৎপন্ন হয়। এই সোদক সোডিয়াম কার্বনেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত বা ভস্মীকরণ করিলে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা অ্যাশ (soda ash) পাওয়া যায়।

নিঃশেষিত কৃষ্ণভস্মের মধ্যে ক্যালসিয়াম সালফাইড থাকে এবং উহা হইতে চান্‌শ-ক্লাউস পদ্ধতির সাহায্যে সালফার নিষ্কাশন করা যায়। চান্‌শ পদ্ধতিতে নিঃশেষিত কৃষ্ণভস্মচূর্ণকে জলে প্রলম্বিত অবস্থায় চুন চুল্লীতে (lime kiln) প্রাপ্ত গ্যাসের সাহায্যে বিয়োজিত করা হয়।

$$CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S$$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে অতঃপর বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া সচ্ছিদ্র ফেরিক অক্সাইড অনুঘটক পূর্ণ ক্লাউস চুল্লীতে সালফারে জারিত করা হয়।

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + S$$

এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সালফার খুব বিশুদ্ধ, কিন্তু আধুনিককালে এই পদ্ধতির ব্যবহার কমিয়া গিয়াছে।

2.37 অ্যামোনিয়া সোডা বা সল্‌ভে পদ্ধতি

নীতি : অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে দ্রবণের মধ্যে সোডিয়াম আয়ন, ক্লোরাইড আয়ন, অ্যামোনিয়াম আয়ন, হাইড্রক্সাইড আয়ন, হাইড্রোজেন আয়ন, কার্বনেট আয়ন এবং বাইকার্বনেট আয়ন সবগুলিই উৎপন্ন হইয়া পারস্পরিক সাম্যাবস্থায় আসিবার চেষ্টা করে।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH \; ; \; NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \; ; \; HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{-}$$

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

কিন্তু ইহাদের মধ্যে সোডিয়াম বাইকার্বনেটের দ্রাব্যতা গুণফল সর্বাপেক্ষা কম বলিয়া কেবলমাত্র সংশ্লিষ্ট আয়ন দুইটিই একত্রিত হইয়া সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে অধঃক্ষিপ্ত করে। সুতরাং নিম্নলিখিত সামগ্রিক বিক্রিয়া অনুসারে সোডিয়াম বাইকার্বনেট পাওয়া যায়।

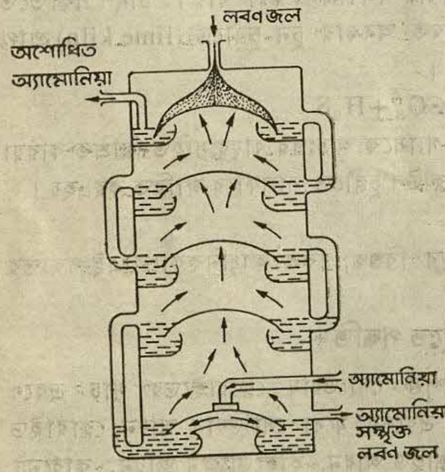
$$NaCl + H_2O + CO_2 + NH_3 = NaHCO_3 + NH_4Cl$$

উৎপন্ন সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়। $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

সলভে পদ্ধতি তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত : (a) অ্যামোনিয়া দ্বারা ব্রাইন

সম্পৃক্তকরণ, (b) অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত ব্রাইনের কার্বনেটকরণ এবং (c) সোডিয়াম বাইকার্বনেটের ভস্মীকরণ।

(a) পদ্ধতিটির প্রথম পর্যায়ে ব্রাইন (Brine) বা গাঢ় সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে কতগুলি তাক (shelf) ও অধিপ্রবাহক নল (overflow pipe) সমন্বিত অ্যামোনিয়া শোষণ স্তম্ভে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়। স্তম্ভের নিম্নদিক হইতে ঊর্ধ্বমুখে চালিত অ্যামোনিয়া গ্যাস স্তম্ভের উপর হইতে অনুপ্রবিষ্ট নিম্নগামী ব্রাইন-প্রবাহকে সম্পৃক্ত করিবার সময়ে তাপ উৎপন্ন হয়। সেইজন্য স্তম্ভের মধ্যে একটি কুণ্ডলাকৃতি নলের মাধ্যমে শীতল জল চালনা করিয়া ব্রাইনের তাপমাত্রা 30-35°C রাখা হয়। ব্রাইনের মধ্যে অতিরিক্ত ম্যাগ্‌নেসিয়াম, ক্যালসিয়াম বা আয়রন লবণ উপস্থিত থাকিলে সাধারণত অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্তকরণের পূর্বে লাইম-সোডা পদ্ধতির সাহায্যে ব্রাইনের খরতা দূরীভূত করা হয়। সম্পৃক্তকরণের সময়ে ব্রাইনে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম আয়ন উপস্থিত থাকিলে সেগুলিকে (ব্যবহৃত অ্যামোনিয়ায় অশুদ্ধি হিসাবে বর্তমান কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহায়তায়) অধঃক্ষিপ্ত হইতে দেখা যায়।



চিত্র 2.6 অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইন প্রস্তুতি

$$MgCl_2 + 2NH_4OH = 2NH_4Cl + Mg(OH)_2 \text{ (অধঃক্ষেপ)}$$

$$CaCl_2 + 2NH_4OH + CO_2 = 2NH_4Cl + H_2O + CaCO_3 \text{ (অধঃক্ষেপ)}$$

অধঃক্ষিপ্ত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম লবণকে থিতাইবার সুযোগ দিয়া অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত ব্রাইনকে স্তম্ভের নীচে সংগ্রহ করা হয়।

(b) সলভে পদ্ধতির দ্বিতীয় পর্যায়ে অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইনকে একটি কার্বনেটিং স্তম্ভ (Carbonating tower) বা সল্‌ভে স্তম্ভের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিয়া সোডিয়াম বাইকার্বনেটে পরিণত করা হয়। স্তম্ভের মধ্যে অনেকগুলি সছিদ্র ঢাকনি দ্বারা আবৃত, মধ্যস্থলে রন্ধ্রযুক্ত তাক বা বুদ্‌বুদ-উৎপাদক (bubbler) থাকে। অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইন স্তম্ভের উপর দিক হইতে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস স্তম্ভের নিচের দিক হইতে ভিতরে প্রবেশ করে। শীতল জল প্রবাহিত করার ব্যবস্থা মারফৎ তাপমোচী বিক্রিয়াটিতে উৎপন্ন উত্তাপ দূরীভূত করিয়া তাপমাত্রা 35-40°C রাখা হয়। বুদ্‌বুদ-উৎপাদকগুলির মধ্যে অ্যামোনিয়া-

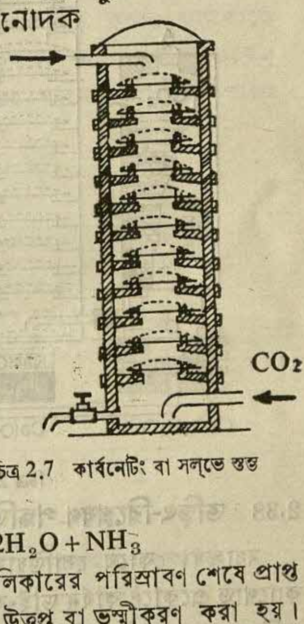
সম্পৃক্ত ব্রাইন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে আসে এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$NH_3+H_2O+CO_2=NH_4HCO_3$$
$$NH_4HCO_3+NaCl=NH_4Cl+NaHCO_3$$

ব্যবহৃত সোডিয়াম ক্লোরাইডের প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। অবশিষ্ট সোডিয়াম ক্লোরাইড বিক্রিয়াজাত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত দ্রবণের মধ্যে উপস্থিত থাকে এবং ঐ দ্রবণকে সোডিয়াম বাইকার্বনেটের অধঃক্ষেপ সহ স্তম্ভের নিম্নাংশ হইতে সংগ্রহ করিয়া ঘূর্ণায়মান ভ্যাকুয়াম ফিল্টারে পরিস্রুত করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে **(mother liquor)** স্টীমের দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া উহা হইতে চুনের সাহায্যে অ্যামোনিয়াকে পুনরুৎপন্ন করা হয়।

$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=CaCl_2+2NH_3+2H_2O$$

দ্রবণে উপস্থিত সামান্য পরিমাণ অবিকৃত অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট হইতেও একই সঙ্গে অ্যামোনিয়া মুক্ত হয়।



চিত্র 2.7 কার্বনেটিং বা সল্‌ভে স্তম্ভ

$$NH_4HCO_3+Ca(OH)_2=CaCO_3+2H_2O+NH_3$$

(c) সল্‌ভে পদ্ধতির তৃতীয় পর্যায়ে, মাদার লিকারের পরিস্রাবণ শেষে প্রাপ্ত সোডিয়াম বাইকার্বনেট অবশেষকে শুষ্ক করিয়া উত্তপ্ত বা ভস্মীকরণ করা হয়। ভস্মীকরণের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প বাহির হইয়া যায় এবং অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট পড়িয়া থাকে।

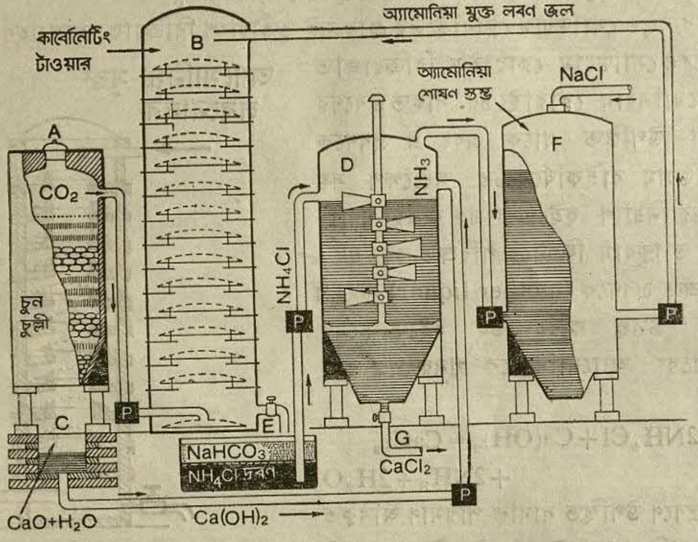
$$2NaHCO_3=Na_2CO_3+CO_2+H_2O$$

সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদন ব্যবস্থায় সাধারণত একটি চুনচুল্লী **(Lime kiln)** 'A' থাকে। এই চুনচুল্লীতে চুনাপাথর পোড়াইয়া পাথুরে চুন CaO ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

উৎপন্ন পাথুরে চুনকে জলের সাহায্যে ফোটানো চুনে (slaked lime) পরিণত করার পর (প্রকোষ্ঠ C) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে অ্যামোনিয়ার পুনরুৎপাদনে (প্রকোষ্ঠ **D**) ব্যবহার করা হয় এবং নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সোডিয়াম বাইকার্বনেট ভস্মীকরণকালে প্রাপ্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশাইয়া কার্বনেটকরণের জন্য সল্‌ভে স্তম্ভে (স্তম্ভ **B**) অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। এজন্য পদ্ধতিটিতে মূল কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন হয় চুনাপাথর এবং ব্রাইনের। তবে মধ্যে মধ্যে

নষ্ট অ্যামোনিয়া পরিপূরণের জন্য অল্প পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করা হয়। চিত্রে 'E' প্রকোষ্ঠে $NaHCO_3$ হইতে NH_4Cl দ্রবণ পৃথক করা হইতেছে এবং 'F' স্তম্ভে লবণ জলকে অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত করা হইতেছে।



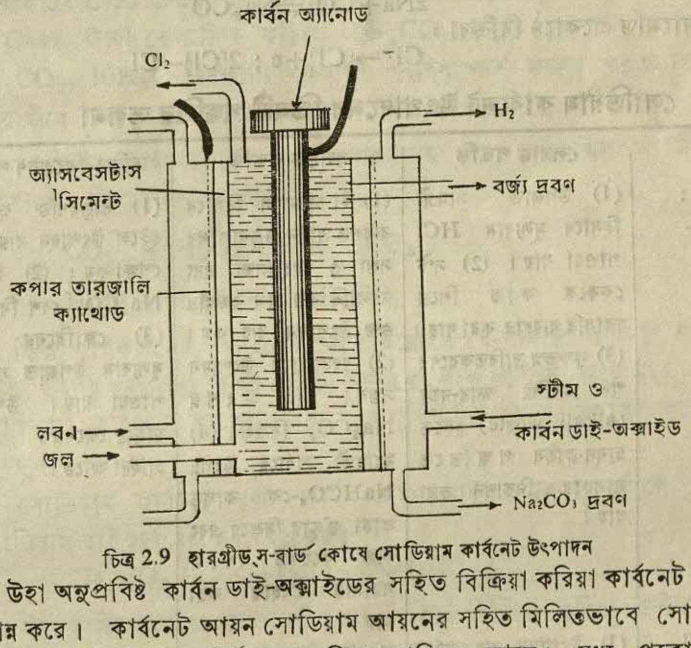
চিত্র 2.8 সলভে পদ্ধতির পূর্ণাঙ্গ চিত্র

2.38 তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি

মধ্যচ্ছদা কোষে সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে উহা ক্যাথোডে উৎপন্ন কস্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করিতে পারে। এই নীতির ভিত্তিতেই হারগ্রীভ্স-বার্ড তড়িৎ-বিশ্লেষণ কোষ নির্মাণ করা হইয়াছে।

হারগ্রীভ্স-বার্ড কোষ সিমেন্ট আস্তরণ যুক্ত কাস্ট আয়রন-নির্মিত একটি আয়তাকার পাত্র। পাত্রটি অ্যাস্বেস্টস সিমেন্ট নির্মিত তুইটি মধ্যচ্ছদার সাহায্যে তিনটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত। মধ্যপ্রকোষ্ঠে অনুপ্রবিষ্ট একটি গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোডের এবং মধ্যচ্ছদা তুইটির বাহিরের তলে বিন্যস্ত তুইটি কপার তারজালি ক্যাথোডের কার্য করে। মধ্যপ্রকোষ্ঠের নিম্নাংশে ব্রাইনের প্রবেশ নল এবং ঊর্ধ্বাংশে বর্জ্যতরলের নির্গম নল সংযুক্ত। বাহিরের প্রকোষ্ঠ তুইটির মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও স্টীম অনুপ্রবিষ্ট করিবার এবং উৎপন্ন লঘু সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ বাহির করিবার ব্যবস্থা আছে। এতদ্ব্যতীত মধ্য প্রকোষ্ঠের উপরিভাগে ক্লোরিন গ্যাস নির্গমনের এবং বাহিরের প্রকোষ্ঠ তুইটির উপরিভাগে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গমনের ব্যবস্থা রাখা হয়। মধ্যচ্ছদা তুইটির মধ্যে যে সামান্য সচ্ছিদ্রতা থাকে তাহার মধ্য দিয়া জল সহজে মধ্য প্রকোষ্ঠ হইতে বাহিরের প্রকোষ্ঠে আসিতে না পারিলেও উহার

মধ্যে দ্রবীভূত আয়নগুলি আসিতে পারে। মধ্য প্রকোষ্ঠ ব্রাইনে পূর্ণ করিয়া কোষটির অ্যানোড ও ক্যাথোডকে তড়িৎ-উৎসের সংশ্লিষ্ট মেরু দুইটির সহিত যোগ করিলে সোডিয়াম আয়ন কপার তারজালি ক্যাথোডের আকর্ষণে মধ্যচ্ছদা ভেদ করিয়া ক্যাথোডে উপস্থিত হয়। ক্যাথোডে জলের আয়নীভবনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়নও উপস্থিত থাকে। উহার মুক্তিবিভব (discharge-potential) সোডিয়াম আয়ন অপেক্ষা কম এবং উহার কপার তড়িৎদ্বারে মুক্তিলাভের জন্য প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত বিভব (overvoltage) সামান্য। সেজন্য কপার ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়নের পরিবর্তে হাইড্রোজেন আয়ন মুক্তিলাভ করে। হাইড্রোজেন আয়ন অপসারিত হওয়ার জন্য দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়নের পরিমাণ বাড়িতে থাকে



চিত্র 2.9 হারগ্রীভ্‌স-বার্ড কোষে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদন

এবং উহা অনুপ্রবিষ্ট কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বনেট আয়ন উৎপন্ন করে। কার্বনেট আয়ন সোডিয়াম আয়নের সহিত মিলিতভাবে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ হিসাবে নির্গম নল দিয়া বাহিরে আসে। মধ্য প্রকোষ্ঠে বা অ্যানোড প্রকোষ্ঠে ক্লোরাইড আয়ন যথারীতি গ্রাফাইট অ্যানোডে আকর্ষিত হয় এবং সেখানে ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া প্রথমে ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। ক্যাথোড প্রকোষ্ঠ দুইটিতে স্টীম চালনার ফলে মধ্যাবরকের সূক্ষ্ম রন্ধ্রগুলি উৎপন্ন $Na_2CO_3, 10H_2O$ কেলাসে বন্ধ হইয়া যাইতে পারে না এবং দ্রবণের সান্দ্রতা কমিয়া উৎপাদনের হার বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়।

ক্যাথোড প্রকোষ্ঠ দুইটি হইতে নির্গত লঘু সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে প্রায় 12% NaCl অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে। ঐ দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করিলে অধিকাংশ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রথমে কেলাসিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড পৃথক করিয়া দ্রবণকে আরো গাঢ় করিলে

$Na_2CO_3, 10H_2O$ কেলাস উৎপন্ন হয়। সোদক সোডিয়াম কার্বনেট কেলাসকে তাপ প্রয়োগে নিরুদিত করিলে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠ দুইটি হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোড প্রকোষ্ঠ হইতে ক্লোরিন গ্যাস মূল্যবান উপজাত সামগ্রী হিসাবে উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া : $NaCl \rightleftharpoons \overset{+}{Na} + \overset{-}{Cl}$

ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া :

$$H_2O \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}\ ;\ \overset{+}{H} + e \rightarrow [H]$$

$$2[H] \rightarrow H_2\ ;\ 2\overset{-}{OH} + CO_2 = H_2O + \overset{=}{CO_3}$$

$$2\overset{+}{Na} + \overset{=}{CO_3} \rightleftharpoons Na_2CO_3$$

অ্যানোড প্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া :

$$Cl^- \rightarrow [Cl] + e\ ;\ 2[Cl] \rightarrow Cl_2$$

2.39 সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনের তিনটি পদ্ধতির তুলনা

	লেব্লাঙ্ক পদ্ধতি	সল্‌ভে পদ্ধতি	তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি
সুবিধা :	(1) উপজাত সামগ্রী হিসাবে মূল্যবান HCl পাওয়া যায়। (2) সল্ট কেককে কাচ শিল্পে সরাসরি ব্যবহার করা যায়। (3) কৃষ্ণভস্ম দ্রাবিতকরণের পর অবশিষ্ট ক্ষার-বর্জ্য (alkali waste) হইতে চান্স-ক্লাউস পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন করা যায়।	(1) কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত ব্রাইন ও চুনাপাথর সস্তা ও সহজলভ্য এবং জ্বালানি ব্যয় কম হওয়ার জন্য উৎপাদন ব্যয় কম। (2) বৃহদাকারে উৎপাদন সম্ভব। (3) উৎপন্ন Na_2CO_3 বিশুদ্ধ। (4) মধ্যবর্তী পর্যায়ে উৎপন্ন $NaHCO_3$-কে কাপড় কাচা গুঁড়ার মিশ্রণে এবং অন্য কয়েকটি শিল্পে সরাসরি ব্যবহার করা যায়।	(1) তড়িৎশক্তি সুলভ হইলে উৎপাদন ব্যয় সর্বাপেক্ষা কম। (2) উৎপন্ন Na_2CO_3 বেশ বিশুদ্ধ। (3) ক্লোরিনের মত মূল্যবান উপজাত সামগ্রী পাওয়া যায়। উপজাত হাইড্রোজেনেরও যথেষ্ট চাহিদা আছে।
অসুবিধা	(1) উৎপাদন ব্যয় সর্বাপেক্ষা বেশি। (2) প্রাপ্ত Na_2CO_3 বিশুদ্ধ নহে। (3) উৎপাদনকালে বিষাক্ত ও দুর্গন্ধযুক্ত ধূম নির্গত হইতে পারে। (4) তড়িৎ-বিশ্লেষিত H_2 ও Cl_2-এর মিলনে সস্তায় HCl পাওয়া যাইতেছে বলিয়া পদ্ধতিটি অলাভজনক হইয়া উঠিয়াছে।	(1) NaCl-এর অপব্যয় বেশি। (2) অ্যামোনিয়া অপচয় নিবারণের জন্য বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন। (3) উপজাত $CaCl_2$-এর ব্যবহার সীমিত। (4) মূল্যবান ক্লোরিনকে উপজাত হিসাবে পাওয়া যায় না।	(1) সল্‌ভে পদ্ধতির মত বৃহদাকার উৎপাদন সুবিধাজনক নহে। (2) তড়িৎশক্তি সুলভ না হইলে উৎপাদন ব্যয় অধিক। (3) উৎপাদিত Na_2CO_3-এর মূল্য NaOH অপেক্ষা কম।

2·40 ধর্ম

অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট সাদা অনিয়তাকার চূর্ণ, গলনাঙ্ক 852°C। উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা 270°C-এর ঊর্ধ্বে সামান্য পরিমাণে এবং গলিত অবস্থায় লক্ষণীয় মাত্রায় বিয়োজিত হয়। $Na_2CO_3 = Na_2O + CO_2$

আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ইহা জলের অণু গ্রহণ করিয়া সোদক কেলাসে পরিণত হইতে আরম্ভ করে। সোডিয়াম কার্বনেটের তিন প্রকার সোদক কেলাস আছে। সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে 32°C-এর নিম্নে বাষ্পায়িত করিলে কাপড় কাচা সোডার (washing soda) কেলাস $Na_2CO_3, 10H_2O$ পাওয়া যায়। কিন্তু দ্রবণকে 32°C-35°C-এর মধ্যে কেলাসিত করিলে $Na_2CO_3, 7H_2O$ কেলাস এবং 35°C-এর ঊর্ধ্বে কেলাসিত করিলে Na_2CO_3, H_2O কেলাস উৎপন্ন হয়। $Na_2CO_3, 10H_2O$ উদত্যাগী কেলাস। বায়ুসংস্পর্শে জলের অণু ত্যাগ করিয়া ধীরে ধীরে Na_2CO_3, H_2O কেলাসে পরিণত হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করিয়া ক্ষার হিসাবে আচরণ করে ;

$$CO_3^{=} + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HCO_3^- ;$$

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + H_2CO_3$$

কিন্তু বাইকার্বনেট আয়নের আর্দ্রবিশ্লেষণে যে-সামান্য পরিমাণ হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন হয় তাহা ফিনলথ্যালিন সূচককে লাল করিতে পারে না। সেইজন্য সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সাহায্যে অ্যাসিড টাইট্রেসনে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করা হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে অল্পদ্রাব্য সোডিয়াম বাইকার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় ;

$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3 \downarrow$$

ইহা জলীয় দ্রবণে ফোটানো চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কস্টিক সোডায় পরিণত হয় ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons 2NaOH + CaCO_3 \downarrow$$

অ্যাসিডের সংস্পর্শে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের বুদ্‌বুদ্ উদ্‌গিরণ করিয়া প্রশমিত হয়।

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$$

ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে বাদামি রঙের ফেরিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বুদ্‌বুদ্ নির্গত হইতে থাকে।

$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 6NaCl + 3CO_2 \uparrow$$

2.41 ব্যবহার

(1) সাবান, কাচ ও কাপড় কাচা গুঁড়া (washing powder) প্রস্তুতিতে; (2) জলের খরতা দূরীকরণে; (3) কস্টিক সোডা, সোডিয়াম সিলিকেট ইত্যাদি বিভিন্ন সোডিয়াম যৌগ প্রস্তুতিতে; (4) কাগজ-শিল্পে, বয়ন-শিল্পে ও রেয়ন প্রস্তুতিতে এবং (5) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে প্রচুর পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম বাইকার্বনেট, $NaHCO_3$

2.42 উৎস

প্রকৃতিতে সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে কতগুলি দেশে সোডিয়াম কার্বনেট ও অন্যান্য সোডিয়াম লবণের সহিত মিশ্রিত খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়। ভারতবর্ষে প্রাপ্ত সাজিমাটিতে সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম সালফেট, মৃত্তিকা ইত্যাদির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় সোডিয়াম বাইকার্বনেটও উপস্থিত থাকে।

2.43 শিল্পোৎপাদন

সোডিয়াম বাইকার্বনেট শিল্পোৎপাদনের দুইটি পদ্ধতি বর্তমান: (1) সল্‌ভে স্তম্ভে প্রাপ্ত অধঃক্ষেপ হইতে এবং (2) বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেট হইতে।

(1) সল্‌ভে স্তম্ভে প্রাপ্ত অধঃক্ষেপ হইতে: উক্ত স্তম্ভে অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইনে CO_2 চালনার ফলে যে-সোডিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়, তাহাকে শোধিত করিয়া মোটামুটি বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাইকার্বনেট প্রস্তুত করা যায়। এজন্য সলভে স্তম্ভের মধ্যে অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ার ফলে যে-সোডিয়াম বাইকার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় তাহাকে অনুপ্রেষ পরিস্রাবণের সাহায্যে শুষ্ক করা হয়। (সল্‌ভে স্তম্ভে বিক্রিয়া: $NaCl+CO_2+H_2O+NH_3=NaHCO_3+NH_4Cl$)। অতঃপর উহাকে পরিমিত পরিমাণ শীতল জলে ধৌত করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড অপসারিত করার পর উষ্ণ জলে দ্রবীভূত করিয়া স্টীমের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে দ্রবণ হইতে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দূরীভূত হয়। পরিশেষে দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিয়া শীতল করিলে অশুদ্ধিমুক্ত সোডিয়াম বাইকার্বনেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় এবং উহাকে ফিল্টার করিয়া শুষ্ক করা হয়।

(2) বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেট হইতে: নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্য সল্‌ভে স্তম্ভে প্রাপ্ত অবিশুদ্ধ সোডিয়াম বাইকার্বনেট অধঃক্ষেপকে সাধারণত বিভিন্ন প্রয়োজনীয় সোডিয়াম বাইকার্বনেট প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা হয় না: (a) সল্‌ভে স্তম্ভে প্রাপ্ত অধঃক্ষেপকে সম্পূর্ণ শুষ্ক করা খুবই কষ্টকর; (b) শোধন প্রক্রিয়ায় অবিশুদ্ধ বাইকার্বনেটে উপস্থিত অ্যামোনিয়ার অপচয়

ঘটে ; (c) সোডিয়াম বাইকার্বনেটে অতি সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিতেই এমন কটু গন্ধ হয় যে, ঐরূপ বাইকার্বনেট প্রচলিত বহু ব্যবহারের ক্ষেত্রে অনুপযোগী হইয়া উঠে এবং (d) সল্‌ভে স্তম্ভে প্রাপ্ত সোডিয়াম বাইকার্বনেটে, শোধন করিবার পরেও বহুপ্রকার অশুদ্ধি থাকিয়া যায়।

এইজন্য সোডিয়াম বাইকার্বনেট শিল্পোৎপাদনের প্রচলিত পদ্ধতিতে প্রথমে সোডিয়াম কার্বনেটের সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া সল্‌ভে স্তম্ভের সদৃশ একটি স্তম্ভের উপরাংশে অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। সঙ্গে সঙ্গে স্তম্ভের তাপমাত্রা প্রায় 40°C তাপমাত্রায় স্থির রাখিয়া স্তম্ভের নিম্নাংশে কম্প্রেসারের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকেও চালনা করা হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম বাইকার্বনেট অধঃক্ষেপকে স্তম্ভের নিম্নাংশে সংগ্রহ করিয়া ঘূর্ণায়মান ড্রাম ফিল্টারে পরিস্রুত ও ধৌত করার পর 70°C তাপমাত্রায় শুষ্ক করিলে প্রায় 99·9% বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাইকার্বনেট পাওয়া যায়।

$$Na_2CO_3+H_2O+CO_2=2NaHCO_3$$

2.46 ধর্ম

ইহা সাদা কেলাসাকার, জলে অল্পমাত্রায় দ্রাব্য। 250°C-এর ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে ইহা সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

$$2NaHCO_3=Na_2CO_3+CO_2+H_2O$$

আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে জলীয় দ্রবণ সামান্য ক্ষারধর্মী ;

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$$

ফিনলথ্যালিনের বর্ণ পরিবর্তিত করিতে না পারিলেও সোডিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবণ মিথাইল অরেঞ্জকে হলুদ করে। অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড বুদ্‌বুদ্‌ নির্গত করে।

$$NaHCO_3+HCl=NaCl+H_2O+CO_2$$

2.45 ব্যবহার

(1) বেকিং পাউডার প্রস্তুতিতে ; (2) সোডা, লেমনেড ইত্যাদি বাতান্বিত পানীয় প্রস্তুতিতে ; (3) অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে ; (4) সিল্ক, পশম ইত্যাদি পরিষ্কৃত করার উপযোগী কাপড় কাচা গুঁড়ার মিশ্রণে ; (5) চর্মদ্রব্য প্রস্তুতিতে এবং (6) অজীর্ণ রোগের ঔষধ হিসাবে প্রচুর পরিমাণ সোডিয়াম বাইকার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

বিঃ দ্রঃ বেকিং পাউডার—সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের মিশ্রণ, সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারটারেটের মিশ্রণ অথবা সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও অনুরূপ কোন সুপ্ত অ্যাসিডধর্মী লবণের মিশ্রণকে বেকিং পাউডার বলে। বেকিং পাউডার ময়দার তালের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিবার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হইয়া ময়দার তাল ফাঁপাইয়া তোলে।

সোডিয়াম ধাতু ও অনুরূপ সোডিয়াম যৌগ প্রস্তুতির পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া

প্রকোষ্ঠের মধ্যে প্রথমটিতে সম্পৃক্ত NaCl দ্রবণ ও দ্বিতীয়টিতে লঘু NaOH দ্রবণ থাকে। প্রথম প্রকোষ্ঠে কার্বন অ্যানোড ও দ্বিতীয় প্রকোষ্ঠে আয়রণ ক্যাথোড ঝুলাইয়া রাখিয়া প্রথম হইতে দ্বিতীয় প্রকোষ্ঠে প্রবহমাণ মার্কারি স্রোতকেও ক্যাথোডের সহিত যুক্ত করা হয়।

প্রথম প্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া :

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$

$2\bar{Cl} \rightarrow Cl_2 + 2e$ (অ্যানোডে বিক্রিয়া)

$Na^+ + Hg + e \rightarrow Na, Hg$ (ক্যাথোডে বিক্রিয়া)

দ্বিতীয় প্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$;

$Na \rightarrow Na^+ + e$ (মার্কারি তড়িদ্দ্বারে বিক্রিয়া)

$2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \uparrow$ (আয়রন তড়িদ্দ্বারে বিক্রিয়া)

$Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$

(3) **নেলসন কোষ (মধ্যচ্ছদা পদ্ধতি)** : এই কোষে একটি সছিদ্র আয়রন ক্যাথোডের উপর স্থাপিত অ্যাসবেসটস মধ্যচ্ছদা দ্বারা কোষটিকে দুইটি অংশে বিভক্ত রাখা হয়। উপরের অংশে (অ্যানোড প্রকোষ্ঠ) একটি গ্রাফাইট অ্যানোড ঝুলাইয়া গাঢ় NaCl দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। দ্রবণটি ধীরে ধীরে মধ্যচ্ছদা ভেদ করিয়া নিচের (ক্যাথোড) প্রকোষ্ঠে নামিবার সময় তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইয়া NaOH-তে পরিণত হয়।

বিক্রিয়া : $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$ (অ্যানোড বিক্রিয়া) ;

$H_2O \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$; $2\overset{+}{H} + 2e \rightarrow H_2$; $\overset{+}{Na} + \overset{-}{OH} \rightleftharpoons NaOH$ ।

নিম্ন প্রকোষ্ঠে স্টীম চালনা করিয়া ক্যাথোডের ছিদ্রগুলি পরিষ্কৃত রাখা হয় ও কোষের দক্ষতা বাড়ানো হয়।

ধর্ম : সাদা, অর্ধস্বচ্ছ উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ। জলীয় দ্রবণে তীব্র ক্ষার।

$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + \overset{-}{OH}$; $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

$2NaOH + (NH_4)_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$

$2NaOH + Zn = Na_2ZnO_2 + H_2$

$2NaOH + 2Al + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$

$Cl_2 + 2NaOH$ (লঘু, শীতল) $= NaCl + NaOCl + H_2O$

$3Cl_2 + 6NaOH$ (গাঢ়, উষ্ণ) $= 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$

$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$

$4S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2S_2O_3$

$FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NaCl$

$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 + 3NaCl$

$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$

$2AgNO_3 + 2NaOH = 2NaNO_3 + H_2O + Ag_2O$

ব্যবহার ঃ Na ধাতু নিষ্কাশনে, সাবান প্রস্তুতিতে, কাগজ ও রেয়ন শিল্পে, খনিজ তৈল এবং বক্সাইট শোধনে, পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে এবং অন্যান্য বহু কার্যে।

সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা অ্যাশ (Na_2CO_3)

প্রস্তুতি ঃ (1) লেব্লাঙ্ক পদ্ধতি—এই পুরাতন শিল্পোৎপাদন পদ্ধতির তিনটি পর্যায় ,

(a) সল্টকেক উৎপাদন, (b) কৃষ্ণ ভস্ম উৎপাদন এবং (c) কৃষ্ণভস্ম দ্রাবিতকরণ। প্রথম পর্যায়ে NaCl ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া সল্ট কেকে পরিণত করা হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 \overset{\text{মৃদু তাপ}}{=} NaHSO_4 + HCl\uparrow$$

$$NaCl + NaHSO_4 \overset{\text{তীব্র তাপ}}{=} HCl\uparrow + Na_2SO_4 \text{ (সল্টকেক)}$$

(b) দ্বিতীয় পর্যায়ে বিচূর্ণিত সল্ট কেক, কোক ও চুনাপাথরের মিশ্রণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া ব্ল্যাক অ্যাশ বা কৃষ্ণভস্মে (প্রধানত $Na_2CO_3 + CaS$) রূপান্তরিত করা হয়।

$$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2 \; ; \; Na_2S + CaCO_3 = CaS + Na_2CO_3$$

তৃতীয় পর্যায়ে Na_2CO_3-কে জল দ্বারা দ্রাবিত করিয়া অদ্রাব্য অশুদ্ধি হইতে পৃথক করা হয়।

(2) **অ্যামোনিয়া সোডা বা সলভে পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত NaCl-এর গাঢ় লবণে CO_2 চালিত করিয়া $NaHCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

$$NaCl + H_2O + CO_2 + NH_3 \overset{35°C}{=} NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$$

অতঃপর $NaHCO_3$-কে পৃথক করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে Na_2CO_3 পাওয়া যায়, $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

উপজাত NH_4Cl ও ফোটানো চুনের বিক্রিয়ায় NH_3 পুনরুৎপন্ন করা হয়।

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$$

(3) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** (হারগ্রীভস-বার্ডস কোষ) : এই কোষ দুইটি অ্যাসবেসটস মধ্যচ্ছদার সাহায্যে তিনটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত। মধ্যচ্ছদা দুইটির বাহিরের তলে বিন্যস্ত দুইটি কপার তারজালি ক্যাথোড ও মধ্যপ্রকোষ্ঠে অনুপ্রবিষ্ট একটি গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোডের কার্য করে। মধ্যপ্রকোষ্ঠে ব্রাইন বা গাঢ় NaCl দ্রবণ এবং প্রান্তিক প্রকোষ্ঠ দুইটিতে CO_2 ও স্টীম অনুপ্রবিষ্ট করার ব্যবস্থা থাকে।

মধ্যপ্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া : $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$

প্রান্তিক প্রকোষ্ঠে বিক্রিয়া ঃ $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$, $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$

$$2\overset{-}{OH} + CO_2 \rightleftharpoons H_2O + \overset{=}{CO_3} \; ; \; 2\overset{+}{Na} + \overset{=}{CO_3} \rightleftharpoons Na_2CO_3$$

ধর্ম ঃ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট সাদা অনিয়তাকার চূর্ণ। দ্রবণকে ঘরের উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করিলে উদত্যাগী $Na_2CO_3, 10H_2O$ সোদক কেলাস (কাপড় কাচা সোডা) উৎপন্ন হয়, যাহা খোলা বাতাসে রাখিলে অধিকাংশ কেলাস জল পরিত্যাগ করিয়া Na_2CO_3, H_2O-তে পরিণত হইয়া যায়।

Na_2CO_3 দ্রবণ আদ্র বিশ্লেষণের জন্য ক্ষারধর্মী

$$CO_3^{=}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^{-}+OH^{-};\ HCO_3^{-}+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3+OH^{-}$$

$$Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+H_2O+CO_2$$

ইহা $Ca(OH)_2$-এর সহিত বিক্রিয়ায় কস্টিক সোডা এবং CO_2-এর সহিত বিক্রিয়ায় $NaHCO_3$ উৎপন্ন করে।

$$Na_2CO_3+Ca(OH)_2=2NaOH+CaCO_3\downarrow$$

$$Na_2CO_3+H_2O+CO_2=2NaHCO_3$$

ব্যবহার ঃ সাবান, কাচ, কস্টিক সোডা প্রস্তুতিতে; জলের খরতা দূরীকরণে, কাগজ শিল্পে, বয়ন শিল্পে, রেয়ন শিল্পে এবং পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে।

সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$)

প্রস্তুতি ঃ (1) সলভে পদ্ধতির প্রাথমিক বিক্রিয়ায়

$$NaCl+H_2O+NH_3=NaHCO_3\downarrow+NH_4Cl$$

(2) বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেট হইতে

$$Na_2CO_3+H_2O+CO_2=2NaHCO_3$$

ধর্ম ঃ সাদা, কেলাসাকার, জলে অল্পমাত্রায় দ্রাব্য।

$$2NaHCO_3\overset{\Delta}{=}Na_2CO_3+H_2O+CO_2$$

$$H_2O+HCO_3^{-}\underset{}{\overset{\text{আদ্র বিশ্লেষণ}}{\rightleftharpoons}}H_2CO_3+OH^{-}$$

$$NaHCO_3+HCl=NaCl+H_2O+CO_2$$

ব্যবহার ঃ বেকিং পাউডার, সোডা-লেমোনেড, অজীর্ণ রোগের ঔষধ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে, চর্মশিল্পে।

সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)

উৎস ঃ সমুদ্রের জল, লবণ হ্রদ, রকসল্ট।

ধর্ম ঃ ঘনাকৃতি কেলাস, জলে দ্রাব্য।

$$NaCl+H_2SO_4\overset{200°C}{=}NaHSO_4+HCl$$

$$H_2SO_4+2NaCl\overset{500°C}{=}Na_2SO_4+2HCl$$

$$2NaCl+MnO_2+3H_2SO_4=MnSO_4+2NaHSO_4+Cl_2+2H_2O$$

ব্যবহার : খাদ্যলবণ হিসাবে, মাছ-মাংস সংরক্ষণে, জিয়োলাইট পুনরুজ্জীবনে এবং ধাতব সোডিয়াম, $NaOH$, Na_2CO_3, $NaHCO_3$, Cl_2, HCl ইত্যাদি উৎপাদনে।

সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$)

উৎস : চিলি সল্টপিটার।

ধর্ম : বর্ণহীন উদগ্রাহী কেলাস জলে খুব দ্রাব্য।

$$2NaNO_3 \overset{\Delta}{=} 2NaNO_2 + O_2$$

$$NaNO_3 + H_2SO_4 \overset{200°C}{=} NaHSO_4 + HNO_3$$

ব্যবহার : সার হিসাবে এবং HNO_3, KNO_3, $NaNO_2$ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে।

সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4)

উৎস : থেনারডাইট Na_2SO_4 (অনার্দ্র), মিরাবিলাইট Na_2SO_4, $10H_2O$, লেব্লাঙ্ক পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সল্ট কেক।

ধর্ম : গ্লবার লবণ Na_2SO_4, $10H_2O$ বর্ণহীন, উদত্যাগী কেলাস। জলে অল্প দ্রাব্য। দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধিতে কমিতে থাকে।

$$Na_2SO_4 + 2C + CaCO_3 \overset{\Delta}{=} CaS + 2CO_2 + Na_2CO_3$$

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl$$

ব্যবহার : সালফেট পাল্প প্রস্তুতিতে, কাচ শিল্পে, বয়ন শিল্পে, জোলাপ হিসাবে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. সোডিয়াম কিভাবে নিষ্কাশিত করা হয়? নিম্নলিখিত বস্তুসমূহের সহিত সোডিয়াম কিভাবে বিক্রিয়া করে?

(i) হাইড্রোজেন, (ii) অক্সিজেন, (iii) অ্যামোনিয়া এবং (iv) কার্বন ডাই-অক্সাইড। [H. S. 1981]

2. নিচের পদার্থগুলি কিভাবে তৈরি করা হয়?

(a) কস্টিক সোডা [H. S. '80], (b) সোডিয়াম কার্বনেট [H. S. '81], (c) সাধারণ খাদ্য লবণ হইতে মোটামুটিভাবে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড [H. S. '81], (d) গ্লবার লবণ [Tripura '85]।

3. (a) কস্টিক সোডা হইতে সোডিয়াম কিরূপে উৎপন্ন হয়? সোডিয়াম ধাতুর দুইটি ব্যবহারের উল্লেখ কর। [H. S. 1978]

(b) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণোদকে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে কি ঘটে সমীকরণসহ উল্লেখ কর। [H.S. 1978]

4. মার্কারি ক্যাথোড কোষের সাহায্যে কস্টিক সোডা উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। বিভিন্ন তড়িদ্দ্বারে সংঘটিত বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। অ্যানোড প্রকোষ্ঠে জল উপস্থিত থাকা সত্বেও কেন ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে সোডিয়াম মুক্ত হয়?

5. যে-কোন প্রকার মধ্যাবরক কোষের সাহায্যে লবণোদক হইতে কস্টিক সোডা উৎপাদন পদ্ধতি আলোচনা কর। মধ্যাবরক কোষ ও মার্কারি ক্যাথোড কোষের মধ্যে স্থবিধা অস্থবিধার তুলনা কর।

6. সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট শিল্পোৎপাদনের রাসায়নিক নীতি-গুলিকে উপযুক্ত সমীকরণের সাহায্যে আলোচনা কর। [J. E. 1984]

কাপড় কাচা সোডার এমন কতগুলি ব্যবহারের উল্লেখ কর যাহা হইতে রাসায়নিক শিল্পে উহার গুরুত্ব বুঝা যায়? [J. E. 1978]

7. সোডিয়াম কার্বনেট তৈয়ারির একটি শিল্প পদ্ধতি বর্ণনা কর।

বেকিং পাউডার কি? উহার ব্যবহার লিখ। [Tripura, 1985]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. উপযুক্ত সমীকরণের সাহায্যে কি ঘটে বল:

(a) শীতল লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালিত হইল। [J. E. 1979]

(b) $FeCl_3$ দ্রবণের মধ্যে Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করা হইল। [J. E. 1980]

(c) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণোদকে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হইল। [H. S. 1978]

(d) জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত মাত্রায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ ক্রমে ক্রমে ঢালা হইল। [H. S. 1978]

(e) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে ক্রমে ক্রমে অতিরিক্ত মাত্রায় কস্টিক সোডা দ্রবণ ঢালা হইল। [H. S. 1979]

(f) গলিত কস্টিক সোডার মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হইল। [H. S. 1979]

(g) উষ্ণ ও গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালিত হইল।

2. ব্যাখ্যা কর:

(a) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা যায় না কেন? [J. E. 1981]

(b) ডাউনস পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনকালে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয় কেন? [J. E. 1978]

(c) সলভে পদ্ধতিতে কাপড় কাচা সোডা প্রস্তুত করার সময় অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয় কেন? [J. E. 1978]

(d) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা তৈয়ারি করার সময় অ্যানোড প্রকোষ্ঠ হইতে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠ পৃথক রাখার ব্যবস্থা করা হয় কেন?

(e) সলভে পদ্ধতিতে ব্যবহৃত প্রণালী অনুসরণ করিয়া পটাসিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায় না কেন?

3. একটি গ্যাস [A]-র পরিমণ্ডলে একটি ধাতু [B]-কে উত্তপ্ত করা হইল। বিক্রিয়াজাত পদার্থে জল যোগ করিলে [A] গ্যাস পুনরুৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন দ্রবণ [C] ফিনলথ্যালিনকে লাল করে। [A], [B] ও [C],-কে চিহ্নিত করিয়া উপযুক্ত সমীকরণে পরিবর্তনগুলিকে প্রকাশ কর।

4. একটি লবণ [A]-কে উত্তপ্ত করিলে একটি দহনসহায়ক গ্যাস [B] উৎপন্ন হয় এবং অপর এক পদার্থ [C] পড়িয়া থাকে। [C]-তে লঘু HCl যোগ করিলে একটি গাঢ় বাদামী বর্ণ গ্যাস [D] উৎপন্ন হয়। [A], [B], [C] এবং [D]-কে উপযুক্ত পদার্থের সাহায্যে চিহ্নিত করিয়া পরিবর্তনগুলির সম্পূর্ণ সমীকরণ লিখ।

5. একটি পদার্থ [A]-কে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে একটি অবশেষ [B] পড়িয়া থাকে। [B]-কে কার্বনচূর্ণ ও অপর এক পদার্থ [C]-এর চূর্ণের সহিত মিশাইয়া ভস্মীকরণ ও দ্রাবিত করিলে কাপড় কাচা সোডার দ্রবণ পাওয়া যায়। [A], [B] ও [C]-কে চিহ্নিত করিয়া পরিবর্তনগুলির রাসায়নিক সমীকরণ লিখ।

6. উষ্ণ ও গাঢ় NaOH-এর মধ্যে একটি গ্যাস [A] চালনা করিবার ফলে দুইটি লবণ [B] এবং [C] উৎপন্ন হয়। [B]-কে উত্তপ্ত করিলে একটি দহন সহায়ক গ্যাস [D] উৎপন্ন হয় এবং উহা [C]-তে রূপান্তরিত হইয়া যায়। [A], [B], [C] ও [D]-কে চিহ্নিত করিয়া পরিবর্তনগুলির রাসায়নিক সমীকরণ লিখ।

৩

কপার ও উহার কয়েকটি যৌগ

COPPER AND SOME OF ITS COMPOUNDS

চিহ্ন Cu
পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 29

পারমাণবিক গুরুত্ব 63·57
ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2, 2s^2\ 2p^6, 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}, 4s^1$

3.1 প্রকৃতিতে অবস্থান

অল্প পরিমাণ কপারকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় এবং ইহার যৌগ-গুলিকে সহজেই বিজারিত করা চলে। কপার মানবসভ্যতায় ব্যবহৃত প্রাচীনতম ধাতুগুলির অন্যতম। মিশরীয় ও ব্যাবিলনীয় সভ্যতার নিদর্শন হিসাবে প্রায় 4000 খ্রীস্টপূর্বাব্দে ঢালাই করা কপারের সামগ্রী পাওয়া গিয়াছে।

(1) **মুক্ত অবস্থায়ঃ** অল্প পরিমাণ সিলভার, বিসমাথ এবং লেড, মিশ্রিত অবস্থায় ইটালি, সুইডেন, উরাল অঞ্চল এবং চিলিতে মৌল কপার পাওয়া যায়।

(2) **অক্সাইড হিসাবেঃ** কপারকে কিউপ্রাস অক্সাইড Cu_2O হিসাবে 'কিউপ্রাইট বা রেড কপার ওর'-এ এবং কালো কিউপ্রিক অক্সাইড CuO হিসাবে 'টেনোরাইট' এবং 'মেলাকোনাইট' আকরিকের মধ্যে যুক্তরাষ্ট্রের টেনেসি অঞ্চলে পাওয়া যায়।

(3) **কার্বনেট হিসাবেঃ** সোভিয়েত ইউনিয়নের উরাল অঞ্চলে ক্ষারকীয় কিউপ্রিক কার্বনেটের উজ্জ্বল সবুজ রঙের ম্যালাকাইট $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ আকরিক এবং ঘন নীলরঙের অ্যাজুরাইট $2CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ আকরিক পাওয়া যায়। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই এগুলিকে রঙ হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

(4) **সালফাইড হিসাবেঃ** একক কপার ধাতুর সালফাইড আকরিক, কিউপ্রাস সালফাইড Cu_2S হিসাবে কপার গ্লান্স অথবা কিউপ্রিক সালফাইড CuS হিসাবে কোভেলাইট অধিক পরিমাণ পাওয়া যায় না। কপার আকরিকগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে পাওয়া যায় মিশ্র সালফাইড আকরিক—কপার পাইরাইটিস বা ক্যাল্‌কোপাইরাইটিস (Chalcopyrites)$CuFeS_2$। অধিকাংশ কপার ধাতুই ক্যালকোপাইরাইটিস হইতে নিষ্কাশিত হয়। আমাদের দেশে বিহারের সিংভূম অঞ্চলে, অন্ধ্রপ্রদেশের নেলোরে, উত্তরপ্রদেশের আলমোড়ায়, রাজস্থানে, সিকিমে এবং ভুটানে কপার পাইরাইটিসের খনি আছে।

3.2 কপার নিষ্কাশন

(1) **মৌল কপার আকরিক হইতেঃ** মৌল কপার আকরিককে উত্তমরূপে চূর্ণ করিয়া ধৌতকরণের সাহায্যে খনিজমল হইতে মুক্ত করা হয়। অতঃপর গাঢ়ীকৃত আকরিককে চুনাপাথর বিগালক মিশাইয়া গলিত করা হয়। চুনাপাথরের বিয়োজনের ফলে সৃষ্ট পাথুরে চুন আকরিকে উপস্থিত অবশিষ্ট বালিজাতীয় অপ-দ্রব্যের সহিত মিলিত হইয়া ধাতুমল উৎপন্ন করে। $CaCO_3 = CaO + CO_2$

$CaO+SiO_2=CaSiO_3$ (ধাতুমল)। গলিত ধাতুস্তরের উপর সঞ্চিত গলিত ধাতুমলের স্তরকে দূরীভূত করিলে যে অবিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়, তাহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে শোধন করা হয়।

(2) **অক্সাইড বা কার্বনেট আকরিক হইতেঃ** এই প্রকার আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশনের জন্য সাধারণত কার্বন বিজারণ পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

আকরিককে চূর্ণ, ধৌত এবং শুষ্ক করার পর ভস্মীকরণ করিলে কার্বনেট আকরিক বিয়োজিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। $CuCO_3=CuO+CO_2$। অতঃপর ভস্মীকরণের পর প্রাপ্ত সচ্ছিদ্র অক্সাইডকে কোকচূর্ণ এবং উপযুক্ত বিগালক মিশাইয়া মারুত চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে অবিশুদ্ধ ধাতব কপার পাওয়া যায়। $CuO+C=Cu+CO$। বিজারক হিসাবে কার্বন চূর্ণের পরিবর্তে সালফার যৌগ যেমন কপার গ্লান্স বা পাইরাইটিসও ব্যবহার করা যায়; $Cu_2S+2Cu_2O=6Cu+SO_2$। উৎপন্ন অবিশুদ্ধ কপারকে অতঃপর কপার শোধনের সাধারণ পদ্ধতির সাহায্যে শোধন করা হয়।

যেসব অক্সাইড বা কার্বনেট আকরিক লঘু অ্যাসিডে দ্রাব্য, সেগুলিকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া বিকল্প পদ্ধতির সাহায্যেও কপার নিষ্কাশন করা যায়। আকরিক সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া যে কপার সালফেট দ্রবণ উৎপন্ন করে, তাহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অথবা তাহার মধ্যে লৌহচূর্ণ নিক্ষেপ করিলে কপার পাওয়া যায়।

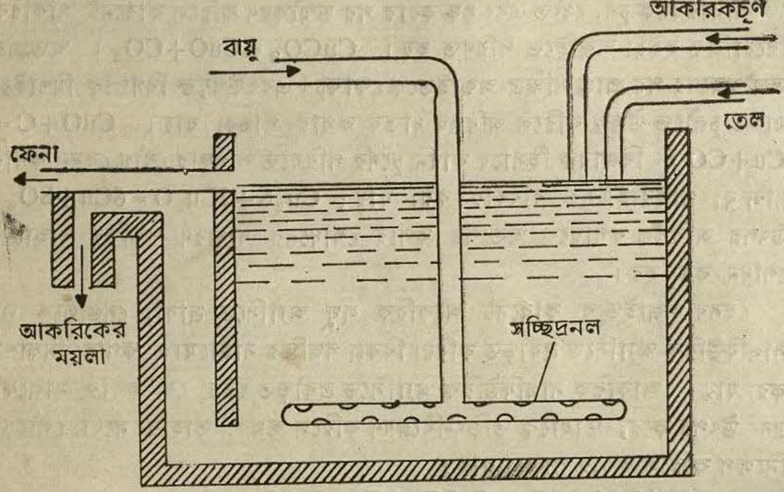
$$Cu^{++}+2e \rightarrow Cu \; ; \; CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu$$

3.3 সালফাইড আকরিক হইতে কপার নিষ্কাশন

সহজলভ্য কপার পাইরাইটিস অথবা অন্যান্য সালফাইড আকরিক হইতে কপারকে স্বতঃবিজারণ পদ্ধতির সাহায্যে নিষ্কাশিত করা হয়। কপার পাইরাইটিস আকরিকে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত আয়রন দূরীভূত করিবার জন্য, প্রথমে তাপজারণের সাহায্যে ফেরাস অক্সাইডে পরিণত করা হয়, অতঃপর বিগলন পর্যায়ে সিলিকা যোগ করিলে ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল হিসাবে বিদূরিত হয়। কপার পাইরাইটিস আকরিক হইতে কপার নিষ্কাশন পদ্ধতির মধ্যে সেজন্য পাঁচটি পর্যায়ঃ (a) গাঢ়ীকরণ, (b) তাপজারণ, (c) বিগলন, (d) স্বতঃবিজারণ, এবং (e) বিশোধন।

(a) **আকরিক গাঢ়ীকরণ—তৈলভাসন বা ফেনভাসন প্রণালীঃ** কপার পাইরাইটিস আকরিকের মধ্যে অধিকাংশ ক্ষেত্রে কপারের পরিমাণ 2% অপেক্ষাও কম থাকে এবং আকরিক গাঢ়ীকরণ না করিলে নিষ্কাশন পদ্ধতি অলাভজনক হইয়া উঠে। সেইজন্য কপার পাইরাইটিস আকরিককে প্রথমেই বিচূর্ণিত করিয়া ফেনভাসন প্রণালীতে গাঢ়ীকরণ করা হয়। একটি বৃহদাকার জলপূর্ণ চৌবাচ্চায় আকরিক চূর্ণের সহিত ফেনা সৃষ্টিকারী (frother) হিসাবে কিছু পাইন তৈল বা ইউক্যালিপটাস তৈল এবং সংগ্রহক (collector) হিসাবে অল্প জানথেট যৌগ

যোগ করিয়া, চৌবাচ্চার নিম্নদেশ হইতে বায়ুচালনা করা হয়। বায়ুচালনার ফলে আকরিক চূর্ণ ক্রমাগত আলোড়িত হইতে থাকে এবং পাইন তৈল প্রচুর ফেনা সৃষ্টি করে। কপার পাইরাইটিসের তৈলে আসঞ্জিত হইবার বা ভিজিবার প্রবণতা বেশি বলিয়া উহার চূর্ণ সৃষ্ট ফেনায় আসঞ্জিত হয় এবং ফেনার সহিত উপরতলে ভাসিয়া



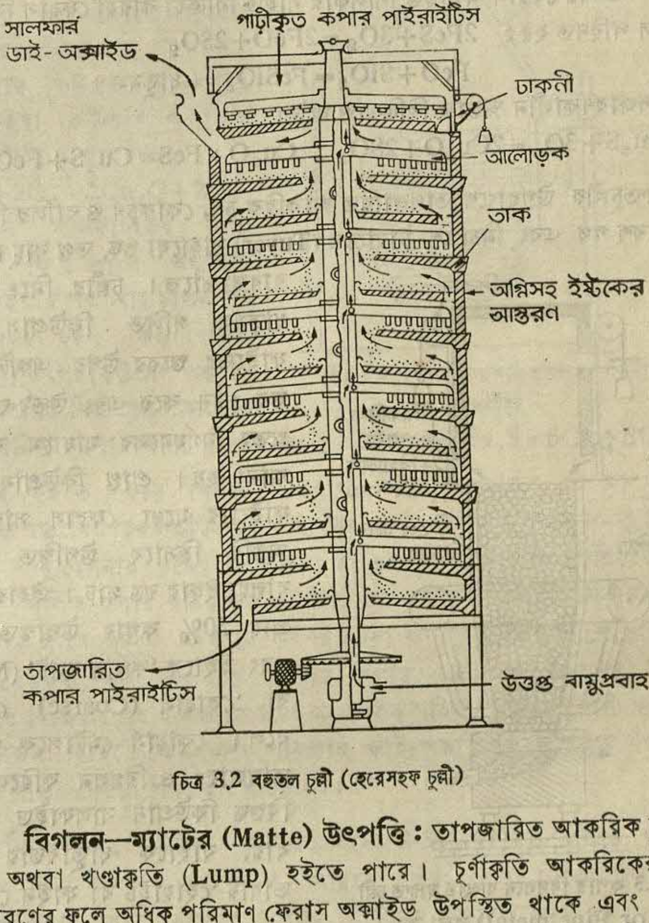
চিত্র 3.1 কপার আকরিকের ফেনভাসন

উঠে। ভাসিয়া উঠা ফেনা চাঁছিয়া পাশের একটি পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। আকরিকে উপস্থিত সিলিকেট-জাতীয় খনিজমল জলে আসঞ্জিত হইয়া চৌবাচ্চার নিচে থাকিয়া যায়। এইরূপে গাঢ়ীকৃত আকরিকের মধ্যে 25-30% কপার থাকে।

(b) **তাপজারণ**ঃ গাঢ়ীকৃত আকরিকচূর্ণকে অতঃপর শুষ্ক করিয়া বহুতল চুল্লী (**Multiple furnace**) বা ঘূর্ণায়মানচুল্লীতে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহের মধ্যে মধ্যম-উচ্চ তাপমাত্রায় (গলন তাপমাত্রা হইতে নিম্নতর তাপমাত্রায়) তাপজারিত করা হয়। উপরি-উক্ত দুই প্রকার চুল্লীর মধ্যে অনেকগুলি তাক একের উপর অন্যকে সাজাইয়া স্থাপন করা থাকে। গাঢ়ীকৃত আকরিক চুল্লীর উপরাংশে প্রবেশ করিয়া যান্ত্রিক উপায়ে একে একে সব তাকগুলিকে অতিক্রম করে এবং উত্তপ্ত বায়ুর ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে জারিত হইয়া চুল্লীর নিম্নাংশে নির্গম পথ দিয়া বাহির হয়। তাপজারণের ফলে আকরিকে উপস্থিত সালফারের বৃহদাংশ জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড রূপে নির্গত হয় এবং ফেরাস অক্সাইড ও কিউপ্রাস সালফাইড উৎপন্ন হয়। $2CuFeS_2+4O_2=Cu_2S+3SO_2+2FeO$। কিছু আকরিক অসম্পূর্ণ-ভাবে তাপজারিত হইয়া ফেরাস সালফাইড ও কিউপ্রাস সালফাইডে পরিণত হয়। $2CuFeS_2+O_2=Cu_2S+2FeS+SO_2$। উৎপন্ন কিউপ্রাস সালফাইডের কোন অংশ অতিরিক্ত জারণের ফলে কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হইলে, উহা

ফেরাস সালফাইডের সহিত বিক্রিয়ায় পুনরায় কিউপ্রাস সালফাইড উৎপন্ন করে ;
$2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$; $Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$ ।

তাপজারণের ফলে আকরিকে উপস্থিত আর্সেনিক এবং অন্যান্য উদ্বায়ী অংশ বারিহ হইয়া যায় এবং আকরিক সচ্ছিদ্ররূপ লাভ করে।



চিত্র 3.2 বহুতল চুল্লী (হেরেসহফ চুল্লী)

(c) **বিগলন—ম্যাটের (Matte) উৎপত্তি :** তাপজারিত আকরিক চূর্ণাকৃতি (Fine) অথবা খণ্ডাকৃতি (Lump) হইতে পারে। চূর্ণাকৃতি আকরিকের মধ্যে তাপজারণের ফলে অধিক পরিমাণ ফেরাস অক্সাইড উপস্থিত থাকে এবং উহাকে বিগলন পর্যায়ে বেশি জারিত না করিলেও চলে। কিন্তু খণ্ডাকৃতি আকরিক তাপজারণের ফলে অসম্পূর্ণভাবে জারিত হয় এবং খণ্ডাংশগুলির কেন্দ্রভাগে প্রচুর পরিমাণ অজারিত ফেরাস সালফাইড থাকিয়া যায়, যাহাকে বিগলনকালে ফেরাস অক্সাইডে পরিণত করা অত্যাবশ্যক। সেইজন্য তাপজারিত চূর্ণাকৃতি আকরিকের ক্ষেত্রে, সিলিকা মিশ্রিত করিয়া তপ্ত বায়ুর উপস্থিতিতে পরাবর্ত চুল্লীতে বিগলন যথেষ্ট হইলেও, তাপজারিত খণ্ডাকৃতি আকরিকের ক্ষেত্রে সিলিকা ও কোক মিশ্রিত করিয়া মারুত চুল্লীতে তপ্ত বায়ুপ্রবাহের মধ্যে বিগলন সম্পন্ন করা হয়।

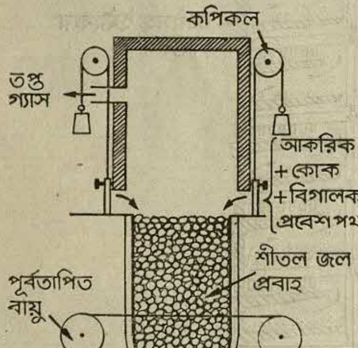
তাপজারিত আকরিকে উপস্থিত ফেরাস সালফাইড তপ্ত বায়ুস্রোতে জারিত হইয়া ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়; কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ কোকের উপস্থিতির জন্য ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হইতে পারে না। (ফেরিক অক্সাইড ক্ষারকীয় ধর্মে ফেরাস অক্সাইড অপেক্ষা অনেক দুর্বল। ইহা সিলিকার সহিত বিক্রিয়ায় সম্পূর্ণরূপে ধাতুমলে পরিণত হয় না, আংশিকভাবে আকরিকের মধ্যে থাকিয়া যায়।) উৎপন্ন ফেরাস অক্সাইড সিলিকার সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরাস সিলিকেট ধাতুমলে পরিণত হয়: $2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2$

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3 \quad (\text{ধাতুমল})$$

তাপজারণকালীন অন্যান্য বিক্রিয়াও ঘটে।

$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2 \;;\; Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$$

মারুতচুল্লীর উপরাংশে তাপজারিত আকরিক চূর্ণ, কোকচূর্ণ ও বালির মিশ্রণের জন্য প্রবেশ পথ এবং নিম্নাংশে টায়ারের (Tuyer) সাহায্যে শুষ্ক, তপ্ত বায়ু চালনার ব্যবস্থা থাকে। চুল্লীর নিম্নে গলিত ধাতুমল গলিত কিউপ্রাস সালফাইডের স্তরের উপর একটি পৃথক স্তর গঠন করে এবং উভয় স্তরকেই স্বতন্ত্র নির্গমনলের মাধ্যমে বাহিরে আনা হয়। প্রাপ্ত কিউপ্রাস সালফাইডের মধ্যে ফেরাস সালফাইড অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে বলিয়া ইহার রঙ গাঢ়। ইহার মধ্যে প্রায় 50% কপার উপস্থিত থাকে এবং ইহাকে 'কপার ম্যাট' (Matte) বা 'কোয়ার্স (Coarse) মেটাল' বলে। কোয়ার্স মেটালকে পুনরায় তাপজারণ ও বিগলন করিলে প্রায় বিশুদ্ধ কিউপ্রাস সালফাইড পাওয়া যায়, যাহাকে ধাতুবিদ্যার পরিভাষায় 'হোয়াইট বা ফাইন মেটাল' (White or Fine metal) বলা হয়।



চিত্র 3.3 কপার বিগলনে ব্যবহৃত মারুত চুল্লী

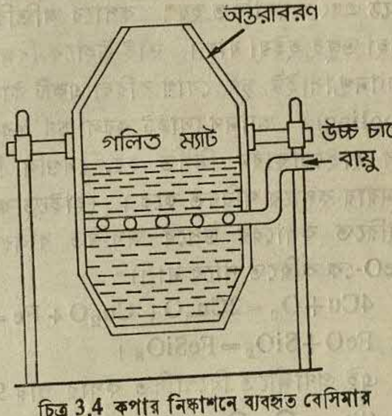
(d) **স্বতঃবিজারণ—ব্লিস্টার কপারের উৎপত্তি:** মারুত চুল্লী বা পরাবর্ত চুল্লী হইতে 'ম্যাট' বা 'হোয়াইট মেটালকে' স্বতঃবিজারণের জন্য সরাসরি ক্ষারকীয় আস্তরণ যুক্ত বেসিমার কনভার্টার (Bessemer converter) নামক ইস্পাত-নির্মিত ঝুলন্ত ডিম্বাকৃতি চুল্লীতে প্রেরণ করা হয়। ম্যাট ব্যবহৃত হইলে উহা হইতে আয়রন বিদূরিত করার জন্য সঙ্গে পরিমাণ মত সিলিকা যোগ করা

প্রয়োজন। কনভার্টারের পার্শ্বে অবস্থিত ছিদ্রযুক্ত নলের সাহায্যে কনভার্টারের মধ্যে উত্তপ্ত বায়ুচালনা করিলে কপার ম্যাটে উপস্থিত ফেরাস সালফাইড প্রথমে জারিত হইয়া ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয় এবং সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া পূর্বপর্যায়ে প্রদত্ত সমীকরণ অনুযায়ী ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল উৎপন্ন করে।

কনভার্টারকে কাৎ করিয়া ধাতুমল অপসারণের পর উহাকে পুনরায় সোজা করিয়া উত্তপ্ত বায়ু চালনা করা হয়। এবার কিউপ্রাস সালফাইড জারিত হইয়া কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হইতে আরম্ভ করে ;

$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2$$

কিউপ্রাস সালফাইডের দুই-তৃতীয়াংশ কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হইবার পর বায়ু চালনা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। কিন্তু বিক্রিয়া স্তব্ধ হয় না। উৎপন্ন কিউপ্রাস অক্সাইড এইবার অবশিষ্ট কিউপ্রাস সালফাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া কপারে পরিণত হয় ; $2Cu_2O + Cu_2S = 6Cu + SO_2$



চিত্র 3.4 কপার নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বেসিমার কনভার্টার

বাহির হইতে কোন বিজারক যোগ করার প্রয়োজন হয় না বলিয়া পদ্ধতিটিকে স্বতঃবিজারণ পদ্ধতি বলে। উৎপন্ন কপার গলিত অবস্থায় কনভার্টারের তলদেশে, বায়ু চালনার রন্ধ্রের নিচে জমা হয় এবং কনভার্টার কাৎ করিয়া বাহির করা হয়। গলিত কপার কঠিনীভূত হইবার সময় দ্রবীভূত সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অন্যান্য গ্যাস বুদ্বুদ আকারে উৎপন্ন হইয়া কপারের বহিস্তলে ফোস্কার সৃষ্টি করে। সেইজন্য এই কপারকে ব্লিস্টার কপার (Blister copper) বলে। কনভার্টারে বিক্রিয়াশেষে গলিত কপারের মধ্যে অল্প পরিমাণ বোরন যোগ করিলে, উহা অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং কঠিনীভূত ধাতুর ফোস্কা পড়া রূপ থাকে না।

(e) **বিশোধন :** ব্লিস্টার কপারের মধ্যে 2-3% বিভিন্ন প্রকার অশুদ্ধি থাকে ; যেমন, সালফার, আর্সেনিক, আয়রন, জিঙ্ক, লেড, নিকেল ইত্যাদি। এতদ্ব্যতীত ইহার মধ্যে সিলভার, গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি বরধাতুও সামান্য পরিমাণে থাকিতে পারে। অশুদ্ধিগুলি দূরীভূত করিবার জন্য দুই ধরনের পদ্ধতি ব্যবহৃত হয় : (1) চুল্লীশোধন বা তাপশোধন (Furnace refining or Thermal refining) এবং (2) তড়িৎ-বিশোধন (Electrolytic refining)।

(i) **চুল্লীশোধন বা তাপশোধন :** এই পদ্ধতিতে ব্লিস্টার কপারকে সিলিকা আস্তরণযুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে লইয়া উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহের মধ্যে গলিত করা হয়। অক্সিজেন গলিত কপারে শোষিত হইয়া কিউপ্রাস অক্সাইড গঠন করে। কিউপ্রাস

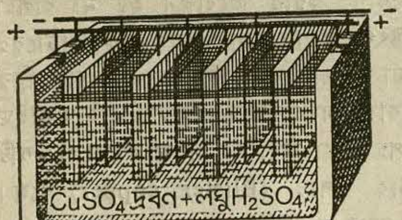
অক্সাইড সালফারকে জারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে এবং আর্সেনিককে জারিত করিয়া উদ্বায়ী আর্সেনিয়াস অক্সাইডে (As_2O_3) পরিণত করে। আয়রন ফেরাস অক্সাইডে জারিত হয় এবং চুল্লীর আস্তরণের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরাস সিলিকেট ধাতুমলে পরিণত হইয়া সরের আকারে উপরে ভাসিয়া উঠে এবং অপসারিত হয়। কপারে অতিরিক্ত কিউপ্রাস অক্সাইড উপস্থিত থাকিলে উহা ভঙ্গুর হইয়া যায়। তাই উহাকে বিজারিত করিবার জন্য গলিত ধাতুর উপর অ্যানথ্রাসাইট চূর্ণ যোগ করিয়া একটি কাঁচা কাঠের দণ্ড দ্বারা আলোড়িত করা হয় **(poling)**। অ্যানথ্রাসাইট কয়লা চূর্ণ এবং কাঁচা কাঠ হইতে বিয়োজনের ফলে যে সব হাইড্রোকার্বন নির্গত হয়, সেগুলি কিউপ্রাস অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া পুনরায় কপারে পরিণত করে। (হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে কপারের উপরে অবস্থিত বলিয়া Cu_2O-কে বিজারিত করে কিন্তু FeO-কে করিতে পারে না।)

$4Cu + O_2 = 2Cu_2O$; $Cu_2O + Fe = 2Cu + FeO$

$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$ ।

এই প্রণালীতে বিশোধিত কপার প্রায় 99·5% বিশুদ্ধ।

(ii) **তড়িৎ-বিশোধন :** তাপশোধিত কপারকে কয়েকটি ক্ষেত্রে সরাসরি ব্যবহার করা সম্ভব হইলেও অধিকাংশ ক্ষেত্রে উহাকে আরো বিশুদ্ধ করার জন্য তড়িৎ-বিশোধন পদ্ধতির সাহায্য গ্রহণ করা হয়। তড়িৎ-বিশোধন পদ্ধতিতে একটি লেড আস্তরণ যুক্ত পাত্রে 5-10% সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত কপার সালফেটের 15% জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহার করিয়া বিশুদ্ধ কপারের পাতলা ক্যাথোড এবং তাপ-বিশোধিত কপারের পুরু অ্যানোডের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হয়। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে অ্যানোড হইতে কপার ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া আয়ন হিসাবে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং দ্রবণ হইতে কপার আয়ন মুক্ত কপারে পরিণত হইয়া পাতলা ক্যাথোডের উপর সঞ্চিত হয়।



চিত্র 3.5 কপারের তড়িৎ-বিশোধন

বিক্রিয়া : $CuSO_4 = Cu^{++} + SO_4^{=}$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Cu \rightarrow Cu^{++} + 2(e)$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$

অ্যানোডে উপস্থিত সিলেনিয়াম, টেলিউরিয়াম, লেড, বিসমাথ, টিন, অ্যান্টিমনি এবং অনেক ক্ষেত্রে সিলভার, গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদির মত বরধাতু অ্যানোড বেষ্টন করিয়া স্থাপিত থলিতে অ্যানোড কর্দম (Anode slime) হিসাবে সঞ্চিত হয়। অ্যানোড কর্দম সিলভার, গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি ধাতুর একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস।

3.4 সিক্ত পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশন

কপারকে সিক্ত পদ্ধতিতেও নিষ্কাশন করা হয়। কম কপার আছে এমন পাইরাইটিস আকরিককে অনেক সময় দগ্ধ করিয়া উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ব্যবহার করা হয় এবং অবশিষ্ট অংশকে 10-15% খাদ্যলবণ মিশ্রিত করিয়া তাকযুক্ত বৃহদাকার চুল্লীতে তাপজারণের সাহায্যে কিউপ্রিক ক্লোরাইডে পরিণত করা হয়। উৎপন্ন কিউপ্রিক ক্লোরাইডকে জলে দ্রাবিত করিয়া সিলভার ও গোল্ডকে পৃথক করিবার পর দ্রবণে আয়রনের টুকরা যোগ করিলে কপারের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$$CuCl_2 + Fe = FeCl_2 + Cu$$

রিয়ো টিন্টো ইত্যাদি কয়েকটি স্থানে বিপুল আয়তন কপার পাইরাইটিসকে বায়ু ও বৃষ্টির প্রভাবে রাখিয়া দিয়া কপার সালফেটে পরিণত করা হয়। দ্রবণের আকারে প্রাপ্ত ঐ কপার সালফেট হইতে কপারকে পূর্বের ন্যায় আয়রন যোগ করিয়া অধঃক্ষিপ্ত করা হয় এবং অবশিষ্ট অবিকৃত কপার পাইরাইটিসকে পুড়াইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের জন্য সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

3.5 কপারের ধর্ম

পরিষ্কৃত কপারের তল লাল রঙের। কিন্তু V-আকৃতির কপারের পাত নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা পরিষ্কার করিলে গাঢ় গোলাপী-লাল দেখায়। বিশুদ্ধ কপার অত্যন্ত প্রসার্যশীল, নমনীয় ও ঘাতসহ। গলনাঙ্কের ঠিক নিচে ইহা ভঙ্গুর হইয়া যায়। আপেক্ষিক গুরুত্ব 15° সেন্টিগ্রেডে 8·95। গলনাঙ্ক বায়ুশূন্য স্থানে 1083°C, বায়ুতে (কিছু কিউপ্রাস অক্সাইড উৎপত্তির জন্য) 1063°C। স্ফুটনাঙ্ক 2310°C।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখিয়া দিলে কপারের উপর অক্সাইড বা সালফাইডের একটি রক্ষাকারী আস্তরণ সৃষ্ট হয়। শহরের বায়ুতে ইহার উপর ক্ষারকীয় সালফেটের আবরণ উৎপন্ন হয়—প্রথমে $CuSO_4$, $Cu(OH)_2$ এবং পরে উহার ধীরে ধীরে রূপান্তরের ফলে $CuSO_4$, $3Cu(OH)_2$। সমুদ্রতীরে বায়ুর সংস্পর্শে কপারের উপর ক্ষারকীয় ক্লোরাইড $CuCl_2$, $3Cu(OH)_2$-এর আবরণ উৎপন্ন হয়।

বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে কপার জারিত হইয়া শক্ত আঁশ গঠন করে, যাহার বাহিরের দিকে থাকে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড CuO এবং কপার সংলগ্ন তলে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড Cu_2O। তবে দীর্ঘকাল উত্তপ্ত করিলে উহা সম্পূর্ণরূপে কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন ব্লো পাইপ শিখায় কপার উজ্জ্বল সবুজ শিখা উৎপন্ন করিয়া জ্বলিতে থাকে।

তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে কপারের স্থান হাইড্রোজেনের নিম্নে। তাই কপার জল বা অ্যাসিডের মত হাইড্রোজেন ঘটিত যৌগ হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। জিঙ্ক কপার কাপল যখন জল হইতে হাইড্রোজেন নির্গত করে তখন ঐ জোড়ের মধ্যে শুধুমাত্র জিঙ্কই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

তবে জারকধর্মী অ্যাসিড, যেমন নাইট্রিক অ্যাসিড বা গাঢ় সাউফিউরিক অ্যাসিড কপারকে জারিত করিতে পারে। সেক্ষেত্রে কপারের লবণ এবং অ্যাসিডের বিজারণজাত যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$Cu+2H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = CuSO_4+2H_2O+SO_2$$
$$Cu+4HNO_3 \text{ (গাঢ়)} = Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$
$$3Cu+8HNO_3 \text{ (মধ্যম গাঢ়)} = 3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$
$$4Cu+10HNO_3 \text{ (অতি লঘু)} = 4Cu(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত হইলে বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2HNO_3+5Cu=H_2O+5CuO+N_2$$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কপার বায়ুনিরুদ্ধ স্থানে বিক্রিয়া না করিলেও অক্সিজেন বা বায়ুর উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করিয়া জারিত হয়। $2Cu+4HCl+O_2=2CuCl_2+2H_2O$

ক্লোরিন বা সালফার বাষ্পের সহিত কপার উত্তপ্ত অবস্থায় সরাসরি যুক্ত হয়।

$$Cu+Cl_2=CuCl_2\ ;\ Cu+S=CuS$$

কপার ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না, কিন্তু অক্সিজেনের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া ঘন নীলবর্ণ কিউ-প্রামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$2Cu+8NH_4OH+O_2 = 2[Cu(NH_3)_4](OH)_2+6H_2O$$

কপার তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে উহার নিম্নে অবস্থিত ধাতুগুলিকে উহাদের লবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত করে। $Cu+2AgNO_3=Cu(NO_3)_2+2Ag\downarrow$

কপার চূর্ণ ফেরিক লবণকে ফেরাস লবণে বিজারিত করে।

$$Fe_2(SO_4)_3+Cu=CuSO_4+2FeSO_4$$

3.6 ব্যবহার

উচ্চমাত্রার তড়িৎ ও তাপ-পরিবাহিতা, প্রসার্যশীলতা, ঢালাই হইবার ক্ষমতা, দৃঢ়তা ও ক্ষয়রোধী ক্ষমতার জন্য কপার ব্যাপকভাবে শিল্পে ও গৃহস্থালীতে ব্যবহৃত হয়। (1) তড়িৎ প্রযুক্তিবিদ্যায় তড়িৎ-পরিবহণের তার, ব্যাটারির প্লেট, জেনারেটর, মোটর ইত্যাদি নির্মাণে ; তড়িৎ-লেপন ও তড়িৎ-মুদ্রণে ; (2) রেলের ফায়ার বক্স, বিভিন্ন যন্ত্রাংশ, স্টীম পাইপ এবং গৃহস্থালীর বাসনপত্র নির্মাণে ; (3) জাহাজের ছাদের উপর ও নিচে আচ্ছাদন হিসাবে ; (4) ল্যাবরেটরিতে বিকারক ও শিল্পে অনুঘটক হিসাবে এবং (5) মুদ্রা ও বিভিন্ন সংকরধাতু উৎপাদনে বিপুল পরিমাণ কপার ব্যবহৃত হয়।

পরপৃষ্ঠায় কপারের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ সংকরধাতুর নাম, সংযুতি, বিশেষ গুণ ও ব্যবহার প্রদত্ত হইল :

কপার-জিঙ্কভিত্তিক সংকর ধাতু

নাম	শতকরা সংযুতি	বিশেষ ধর্ম	ব্যবহার
ব্রাস বা পিতল	Cu 70, Zn 30	তামা অপেক্ষা দৃঢ়তর	বাসনপত্র, ঢালাই কার্য
ডেলটা মেটাল	Cu 55, Zn 40 Fe+Mn 5	ইস্পাতের কাছাকাছি দৃঢ় সমুদ্রজলের ক্ষয়রোধী	জাহাজের প্রোপেলার বিয়ারিং, ভাল্‌ভ
মুনৎস মেটাল	Cu 60, Zn 40	সাধারণ ব্রাস অপেক্ষা দৃঢ়তর	কাঠের জাহাজের আবরণ
জার্মান সিলভার	Cu 55, Zn 25, Ni 20	ক্ষয়রোধী, দেখিতে রূপার মত	বাসনপত্র, তড়িৎলেপন

কপার-টিনভিত্তিক সংকর ধাতু

নাম	শতকরা সংযুতি	বিশেষ ধর্ম	ব্যবহার
সাধারণ ব্রোঞ্জ	Cu 90, Sn 10	দৃঢ় এবং ক্ষয়রোধী	বাসনপত্র, মূর্তি কামান
মেসিন তৈরির ব্রোঞ্জ	Cu 80-90, Sn 5-18 Zn 2-10	দৃঢ় এবং ক্ষয়রোধী	যন্ত্রাংশ, বাসনপত্র, মুদ্রা
বেল মেটাল	Cu 80, Sn 20	স্থিতিস্থাপক, শব্দশীল	ঘণ্টা, পাত্র
স্পেকুলাম মেটাল	Cu 67, Sn 33	খুব ভালো পালিস হয়	আয়না, টেলিস্কোপের অংশ
ফসফোর ব্রোঞ্জ	Cu 93, Sn 6, P 1	দৃঢ়, স্থিতিস্থাপক, ঘর্ষণ ক্ষয়রোধী	এরিয়ালের ও ঝুলাইবার তার, ভাল্‌ভ, বিয়ারিং

কপার-নিকেলভিত্তিক সংকর ধাতু

নাম	শতকরা সংযুতি	বিশেষ ধর্ম	ব্যবহার
মোনেল মেটাল	Cu 28, Ni 67, Fe + Mn 5	উত্তম প্রসার্য দৃঢ়তা, রাসায়নিক ক্ষয়রোধী, মরিচা ও অ্যাসিডরোধী	টারবাইনের ব্লেড, পাম্প, রাসায়নিক শিল্পোৎপাদনের পাত্র
কনস্টান্টান	Cu 60, Ni 40	উষ্ণতা পরিবর্তনে বৈদ্যুতিক রোধে সামান্য পরিবর্তন	থার্মোকাপল, রেজিস্টেন্স বক্স

কপার-অ্যালুমিনিয়াম ভিত্তিক সংকর ধাতু

নাম	শতকরা সংযুতি	বিশেষ ধর্ম	ব্যবহার
অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Cu 88, Al 8, Mn+Fe 4	সোনালি-হলুদ রঙ, আর্দ্র বায়ুতে ক্ষয়রোধী, ব্রোঞ্জ অপেক্ষা বেশি ঘাতসহ ও প্রসার্য দৃঢ়তাসম্পন্ন	মূর্তি, মুদ্রা, ফটো ফ্রেম, তড়িৎ-লেপন তেলরঙের পিগ্‌মেণ্ট

কপারের কয়েকটি যৌগ

কপারের যোজ্যতা পরিবর্তনশীল—কখনো এক, কখনো দুই। একযোজী কপার যৌগ কিউপ্রাস এবং দ্বিযোজী কপার যৌগ কিউপ্রিক নামে পরিচিত।

কিউপ্রাস অক্সাইড, Cu_2O

প্রকৃতিতে কিউপ্রাস অক্সাইডকে কিউপ্রাইট আকরিকরূপে দেখিতে পাওয়া যায়।

3.7 প্রস্তুতি

(1) কিউপ্রিক অক্সাইড ও কপার চূর্ণের মিশ্রণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কিউপ্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়; $CuO + Cu = Cu_2O$।

(2) লেবরেটরিতে সাধারণত কিউপ্রিক লবণের ক্ষারীয় দ্রবণকে বিজারিত করিয়া কিউপ্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। এজন্য প্রথমে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের সহিত কস্টিক সোডা ও রচেল লবণের (সোডিয়াম পটাসিয়াম টার্টারেট) মিশ্র দ্রবণ যোগ করিয়া একটি গাঢ় নীলবর্ণ দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। ফেলিং দ্রবণ (Fehling's solution) নামে পরিচিত ঐ নীল দ্রবণে ফুটন্ত অবস্থায় গ্লুকোজ দ্রবণ যোগ করিলে কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত কিউপ্রাস অক্সাইডের প্রথমে রঙ থাকে হলুদ (অনেকের মতে ইহা কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড) কিন্তু অতি দ্রুত সেই রঙ বদলাইয়া লাল হইয়া যায়।

$$2CuSO_4 + 4NaOH + 2[H] \text{ (গ্লুকোজ হইতে)} \rightarrow Cu_2O + 2Na_2SO_4 + 3H_2O$$

(3) কপার সালফেট দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম সালফাইট যোগ করিয়া ফুটাইলেও কিউপ্রাস অক্সাইড পাওয়া যায়;

$$2CuSO_4 + 2Na_2CO_3 + Na_2SO_3 = Cu_2O + 3Na_2SO_4 + 2CO_2$$

3.8 ধর্ম

কিউপ্রাস অক্সাইড জলে অদ্রাব্য লাল কঠিন পদার্থ।

(1) কিউপ্রাস অক্সাইড অতি উচ্চ তাপমাত্রায় কিউপ্রিক অক্সাইড অপেক্ষা অধিকতর সুস্থিত। কিন্তু 1000°C-এর নিম্নে বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহা কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়;

$$2Cu_2O + O_2 = 4CuO$$

(2) কিউপ্রাস অক্সাইড দুর্বল ক্ষারক। ইহা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইড অথবা জটিল যৌগ $H_2[CuCl_3]$ উৎপন্ন করে;

$$Cu_2O + 2HCl = 2CuCl + H_2O$$

$$2HCl + CuCl = H_2[CuCl_3]$$

যেহেতু কিউপ্রাস সালফেট এবং কিউপ্রাস নাইট্রেট জলে বিয়োজিত হয় সেইজন্য লঘু সালফিউরিক অথবা 10% নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে কিউপ্রাস অক্সাইড

কিউপ্রাস সালফেট অথবা কিউপ্রাস নাইট্রেটে পরিণত হয় না। তাহার পরিবর্তে যথাক্রমে কিউপ্রিক সালফেট ও কিউপ্রিক নাইট্রেটে পরিণত হইয়া কপার অধঃক্ষিপ্ত করে; $Cu_2O+H_2SO_4=CuSO_4+Cu+H_2O$

$$Cu_2O+2HNO_3=Cu(NO_3)_2+Cu+H_2O$$

অবশ্য শেষোক্ত ক্ষেত্রে অধিকতর পরিমাণ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে অধঃক্ষিপ্ত কপার দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে;

$$3Cu_2O+14HNO_3=6Cu(NO_3)_2+2NO+7H_2O$$

(3) কিউপ্রাস অক্সাইড বায়ুর উপস্থিতিতে গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হইয়া বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে কিন্তু বায়ুর উপস্থিতিতে নীলবর্ণ কিউপ্রামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বা টেট্রাঅ্যামিন কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়;

$$O_2+2Cu_2O+16NH_4OH=4[Cu\ (NH_3)_4](OH)_2+12H_2O$$

(4) কিউপ্রাস অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফেরিক সালফেটকে বিজারিত করিয়া ফেরাস সালফেটে পরিণত করে;

$$Cu_2O+Fe_2(SO_4)_3+H_2SO_4=2CuSO_4+FeSO_4+H_2O$$

3.9 ব্যবহার

কিউপ্রাস অক্সাইড কাচকে গাঢ় লাল রঙে রঞ্জিত করে। তাই ইহাকে লালরঙা 'চুনী কাচ' (Ruby glass) প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। কপারকে বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে উহার উপর কিউপ্রাস অক্সাইডের আবরণ উৎপন্ন হয় এবং সেই আবরণযুক্ত কপারকে প্রবাহ একমুখীকারক (Current rectifier) হিসাবে এবং আলোক-তড়িৎ কোষে ব্যবহার করা হয়।

কিউপ্রিক অক্সাইড, CuO

3.10 প্রস্তুতি

(1) কিউপ্রিক অক্সাইড বা কালো কপার অক্সাইডকে প্রকৃতিজাত ম্যালাকাইট খনিজ ভস্মীকরণ করিয়া শিল্পোৎপাদন করা হয়;

$$CuCO_3, Cu(OH)_2=2CuO+H_2O+CO_2$$

(2) কিউপ্রিক নাইট্রেট বা কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডকে উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করিলেও কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$2Cu(NO_3)_2=2CuO+4NO_2+O_2\ ;\ Cu(OH)_2=CuO+H_2O$$

(3) কপার চূর্ণকে দীর্ঘকাল অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করিলেও কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। তবে সেক্ষেত্রে ইহার সহিত কিছু কিউপ্রাস অক্সাইড মিশ্রিত থাকিতে পারে; $2Cu+O_2=2CuO$

3.11 ধর্ম

(1) ইহা কৃষ্ণবর্ণ জলে অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ।

(2) কিউপ্রিক অক্সাইড ক্ষারকীয় অক্সাইড। লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া সহজেই নীলবর্ণ কিউপ্রিক লবণের দ্রবণ উৎপন্ন করে ;

$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$

$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$; $CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$

(3) ইহা অতিরিক্ত (1100°C-এর উপর) উত্তপ্ত হইলে বিয়োজিত হইয়া কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হয় ; $4CuO = 2Cu_2O + O_2$

(4) উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা সহজেই কার্বন, কার্বন মনোক্সাইড বা হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া কপারে পরিণত হয় ; $CuO + C = Cu + CO$

$CuO + H_2 = Cu + H_2O$; $CuO + CO = Cu + CO_2$

3.12 ব্যবহার

ইহা কাচ নীল করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে জৈব যৌগের বিশ্লেষণে এবং কপার লবণের পণ্যোৎপাদনেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

3.13 কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড, CuOH

অত্যন্ত অস্থিত যৌগ। ইহা অতি দ্রুত বিয়োজিত হইয়া কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়। ফেলিং দ্রবণকে গ্লুকোজ দ্বারা বিজারিত করিবার সময়ে প্রথমে যে হলুদ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, অনেকে উহাকে কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড বলিয়া অনুমান করেন। তবে এক্সরশ্মি চিত্রের সাহায্যে প্রমাণিত হয় যে, উক্ত হলুদ অধঃক্ষেপ অতি সূক্ষ্ম কিউপ্রাস অক্সাইড চূর্ণ ব্যতীত অপর কিছু নহে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ লইয়া কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলেও কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইডের অনুরূপ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$CuCl + NaOH = CuOH + NaCl$; $2CuOH = Cu_2O + H_2O$

কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড, $Cu(OH)_2$

3.14 প্রস্তুতি

কিউপ্রিক লবণের জলীয় দ্রবণে তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অথবা অতিরিক্ত পরিমাণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিলে হাল্কা নীল কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$CuSO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + Cu(OH)_2$

কিন্তু ব্যবহৃত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড পরিমাণে অল্প হইলে ক্ষারকীয় কপার সালফেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$4CuSO_4 + 6NaOH = CuSO_4, 3Cu(OH)_2 + 3Na_2SO_4$

কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড প্রস্তুতির উন্নততর পদ্ধতি হইতেছে ফুটন্ত কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া যাওয়া, যতক্ষণ না সবুজ অধঃক্ষেপ নীলবর্ণ ধারণ করে। অতঃপর উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে ধৌত করিয়া প্রায় 30°C তাপমাত্রায় নাতিগাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে বিশুদ্ধতর কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$

3.15 ধর্ম

ইহা জলে অদ্রাব্য ঈষৎ নীলবর্ণ কঠিন পদার্থ।

(1) কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্রিক লবণের দ্রবণে পরিণত হয় ; $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O$

(2) কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের হাল্‌কা নীল অধঃক্ষেপকে জলে প্রলম্বিত অবস্থায় ক্ষারের উপস্থিতিতে ফুটাইলে, উহা বিয়োজিত হইয়া কালো সোদক অক্সাইডে পরিণত হয় ; $4Cu(OH)_2 = 4CuO, H_2O + 3H_2O$। আরো উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

(3) কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া জটিল যৌগ টেট্রামিন কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের ঘন নীলবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

শোয়াইৎসার বিকারক (Schweizer's reagent) নামে পরিচিত এই দ্রবণে তুলা, ফিল্টার পেপার ইত্যাদি সেলুলোজ জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত হয় এবং ঐ সেলুলোজ দ্রবণকে সূক্ষ্ম ধারার আকারে কস্টিক সোডা দ্রবণে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া প্রাপ্ত তন্তুকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্বারা ধৌত করিলে কৃত্রিম রেশম (রেয়ন) পাওয়া যায়।

3.16 ব্যবহার

শোয়াইৎসার বিকারক নামে পরিচিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ, কিউপ্রামোনিয়াম রেয়ন শিল্পোৎপাদনে, সেলোফেন পেপার শিল্পোৎপাদনে এবং বস্ত্রকে জলরোধী করিবার কার্যে ব্যবহৃত হয়।

কিউপ্রাস ক্লোরাইড, CuCl

চিলিতে নান্‌টোকোয়াইট (Nantoquite) নামক খনিজ হিসাবে কিউপ্রাস ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

3.17 প্রস্তুতি

(1) বয়েল 1666 খ্রীস্টাব্দে মারকিউরিক ক্লোরাইডের সহিত কপার উত্তপ্ত করিয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইড প্রস্তুত করিয়াছিলেন ;

$$2Cu + HgCl_2 = 2CuCl + Hg$$

(2) কপারকে সীমিত ক্লোরিন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে, কিউপ্রিক ক্লোরাইডকে তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করিলে অথবা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত করিলে কিউপ্রাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Cu + Cl_2 = 2CuCl ;$$

$$2CuCl_2 = 2CuCl + Cl_2 ; \quad 2Cu + 2HCl = 2CuCl + H_2$$

(3) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফুটন্ত অবস্থায় কপার টার্নিং এবং কিউপ্রিক অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়া সাধারণত কিউপ্রাস ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয় ;

$$Cu + CuO + 2HCl = 2CuCl + H_2O$$

উৎপন্ন দ্রবণকে অতিরিক্ত জলের মধ্যে (জারণ নিবারণের জন্য সামান্য সালফার ডাই-অক্সাইড উহাতে দ্রবীভূত থাকে) ঢালিলে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

(4) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিলেও কিউপ্রাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় ;

$$2CuCl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2CuCl + H_2SO_4 + 2HCl$$

(5) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কিউপ্রিক ক্লোরাইডকে জিঙ্কচূর্ণ যোগ করিয়া অথবা কপার টার্নিং সহযোগে ফুটাইয়া বিজারিত করিলেও কিউপ্রাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে অতিরিক্ত জলে ঢালিলে কিউপ্রাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যে-ভাবেই প্রস্তুত করা হউক না কেন, অধঃক্ষিপ্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডকে পর পর বায়ুহীন জল, অ্যালকোহল এবং ইথার দ্বারা ধৌত করিয়া শুষ্ক করিলে বিশুদ্ধ কিউপ্রাস ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$CuCl_2 + [H] \rightarrow CuCl + HCl \;;\quad CuCl_2 + Cu = 2CuCl$$

3.18 ধর্ম

(1) কিউপ্রাস ক্লোরাইড সাদা চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ, গলনাঙ্ক 422°C স্ফুটনাঙ্ক 1366°C। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে সাদা চতুস্তলক আকৃতির কেলাস পাওয়া যায়। ইহা সমযোজী যৌগ।

(2) আর্দ্র অবস্থায় প্রখর আলোর প্রভাবে ইহা সংগঠক মৌলে বিয়োজনের জন্য গাঢ়বর্ণ ধারণ করে এবং আর্দ্র বায়ুতে ধীরে ধীরে জারিত হইয়া সবুজ ক্ষারকীয় কিউপ্রিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$4CuCl + O_2 + 4H_2O = 2CuCl_2, Cu(OH)_2, H_2O$$

(3) কিউপ্রাস ক্লোরাইড জলে অদ্রাব্য হইলেও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া জটিল অ্যাসিড $H[CuCl_2]$ ও $H_2[CuCl_3]$ উৎপন্ন করে; $HCl + CuCl = H[CuCl_2]$; $2HCl + CuCl = H_2[CuCl_3]$; উৎপন্ন দ্রবণ বায়ুর অক্সিজেনে দ্রুত জারিত হইয়া কিউপ্রিক ক্লোরাইডের সবুজ বা হলুদ দ্রবণে পরিণত হয় ; $4CuCl + 4HCl + O_2 = 4CuCl_2 + 2H_2O$।

এই দ্রবণ কার্বন মনোক্সাইড শোষণ করিয়া অস্থিত যৌগ $CuCl, CO, 2H_2O$ গঠন করিতেও সক্ষম।

(4) কিউপ্রাস ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত যুক্ত হইয়া $CuCl, NH_3$ বা $CuCl, 1\frac{1}{2}NH_3$ বা $CuCl, 3NH_3$ সংযুক্তির যুতযৌগ গঠন করিতে পারে। বায়ুর অনুপস্থিতিতে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্রাস

ক্লোরাইড বর্ণহীন দ্রবণ সৃষ্টি করে। এই দ্রবণ কার্বন মনোক্সাইড শোষণ করিয়া $CuCl, CO, 2H_2O$ উৎপন্ন করে এবং অ্যাসিটিলিন শোষণ করিয়া লাল কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$CuCl + CO + 2H_2O = CuCl, CO, 2H_2O$$

$$2CuCl + C_2H_2 + 2NH_4OH = Cu_2C_2 + 2NH_4Cl + 2H_2O$$

3.19 ব্যবহার

নিওপ্রিন রবার ইত্যাদি বিভিন্ন পণ্য উৎপাদন পদ্ধতিতে অনুঘটক হিসাবে এবং গ্যাস বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অক্সিজেন, কার্বন মনোক্সাইড এবং অ্যাসিটিলিন গ্যাস শোষক হিসাবে কিউপ্রাস ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

কিউপ্রিক ক্লোরাইড, $CuCl_2$

3.20 প্রস্তুতি

(1) কিউপ্রিক অক্সাইড, কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড বা কিউপ্রিক কার্বনেটের সহিত উষ্ণ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সোদক কিউপ্রিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়। বিক্রিয়াশেষে দ্রবণকে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে সবুজ সোদক কিউপ্রিক ক্লোরাইড ; $CuCl_2, 2H_2O$ কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়। সবুজ সোদক কেলাসকে 150°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের প্রবাহের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে উহা অনার্দ্র কিউপ্রিক ক্লোরাইডে পরিণত হয় ;

$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$

(2) কপারকে অতিরিক্ত ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহে দহন করিলে বাদামী বর্ণের অনার্দ্র কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ; $Cu + Cl_2 = CuCl_2$

(3) গাঢ় কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে যোগ করিলেও হলুদচূর্ণ হিসাবে অনার্দ্র কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

3.21 ধর্ম

(1) কিউপ্রিক ক্লোরাইড উদগ্রাহী এবং জল, অ্যালকোহল এবং আরো কয়েকটি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। অতি লঘু দ্রবণ সোদক কিউপ্রিক আয়ন $[Cu(H_2O)_4]^{++}$ উৎপত্তির জন্য নীল। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে জটিল অ্যানায়ন $[CuCl_4]^{=}$ উৎপত্তির জন্য দ্রবণের রঙ হলুদ হইয়া যায়। গাঢ় জলীয় দ্রবণে দুই প্রকার জটিল আয়নই সাম্যাবস্থায় থাকে বলিয়া, উহার রঙ সবুজ। $2[Cu(H_2O)_4]Cl_2 \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_4]^{++} + [CuCl_4]^{=} + 4H_2O$

(2) তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কিউপ্রিক ক্লোরাইড ক্লোরিন নির্গত করিয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় ; $2CuCl_2 = 2CuCl + Cl_2$।

(3) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণকে কপার ছিলার সহিত উত্তপ্ত করিলে অথবা

জিঙ্কডাস্ট, স্ট্যানাস ক্লোরাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি বিজারকের সাহায্যে বিজারিত করিলে কিউপ্রাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ;

$CuCl_2 + Cu = 2CuCl$

$2CuCl_2 + SO_2 + 2H_2O = CuCl + 2HCl + H_2SO_4$

$2CuCl_2 + Zn = 2CuCl + ZnCl_2$; $2CuCl_2 + SnCl_2 = 2CuCl + SnCl_4$

(4) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে ক্ষারকীয় কিউপ্রিক ক্লোরাইড বা কিউপ্রিক অক্সিক্লোরাইডের হাল্কা নীল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ; $4CuCl_2 + 6NaOH = CuCl_2, 3Cu(OH)_2 + 6NaCl$

এই অক্সিক্লোরাইডকে পেরু, বলিভিয়া ইত্যাদি দেশে আটাকামাইট (Atacamite) নামক সবুজ বালির আকারে পাওয়া যায়।

কপার সালফেট দ্রবণকে অল্প ব্লিচিং পাউডারের সহিত ফুটাইয়া বার্ণসউইক গ্রীন (Burnswick green) নামে যে-সবুজ পিগমেন্ট প্রস্তুত করা হয়, তাহা এই ক্ষারকীয় কিউপ্রিক ক্লোরাইড এবং কপার সালফেটের একটি মিশ্রণ।

3.22 ব্যবহার

ডেকন পদ্ধতিতে ক্লোরিন প্রস্তুতিকালে এবং অন্যান্য কয়েকটি পণ্যোৎপাদনে ইহাকে অনুঘটক রূপে ব্যবহার করা হয়।

3.23 কিউপ্রাস নাইট্রেট ; $CuNO_3$

কেবলমাত্র জটিল যৌগরূপেই (যেমন, $[Cu(NH_3)_2]NO_3$) ইহার অস্তিত্ব জানা আছে।

কিউপ্রিক নাইট্রেট, $Cu(NO_3)_2$

3.24 প্রস্তুতি

(1) কপার, কপার অক্সাইড বা ক্ষারকীয় কপার কার্বনেটকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিবার পর দ্রবণটিকে বাষ্পায়িত করিলে সোদক কপার নাইট্রেটের কেলাস উৎপন্ন হয়। 24·5°C তাপমাত্রায় কেলাসিত কেলাসের সঙ্কেত $Cu(NO_3)_2, 6H_2O$ এবং $-20°C$ তাপমাত্রায় $Cu(NO_3)_2, 9H_2O$;

$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$

(2) সোদক কিউপ্রিক নাইট্রেটকে নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পেন্ট অক্সাইডের দ্রবণ দ্বারা নিরুদিত করিলে অনার্দ্র কিউপ্রিক নাইট্রেট উৎপন্ন হয় ;

$Cu(NO_3)_2, xH_2O + xN_2O_5 = Cu(NO_3)_2 + 2xHNO_3$

3.25 ধর্ম

(1) সোদক কিউপ্রিক নাইট্রেট উদগ্রাহী প্রিজমাকার নীলবর্ণ কেলাস। নিরুদিত কিউপ্রিক নাইট্রেট সাদা চূর্ণ।

(2) সোদক কিউপ্রিক নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে উহা জল ও নাইট্রিক অ্যাসিড ত্যাগ করিয়া ক্ষারকীয় কিউপ্রিক নাইট্রেটে পরিণত হয় ;

$4Cu(NO_3)_2, 6H_2O = Cu(NO_3)_2, 3Cu(OH)_2 + 6HNO_3$

উৎপন্ন ক্ষারকীয় কিউপ্রিক নাইট্রেট অথবা অনার্দ্র কিউপ্রিক নাইট্রেটকে আরো উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া কিউপ্রিক অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে ; $2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$

(3) কিউপ্রিক নাইট্রেট শক্তিশালী জারক পদার্থ। কয়েকটি কিউপ্রিক নাইট্রেট কেলাস জলে ভিজাইবার পর টিনের পাতে মুড়িয়া চাপ দিলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ নির্গত হয়।

3.26 ব্যবহার

পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে।

কিউপ্রাস সালফেট, Cu_2SO_4

3.27 প্রস্তুতি

কিউপ্রাস সালফেট জলের সংস্পর্শে আসিলেই বিয়োজিত হয়। তাই কেবলমাত্র জলের অনুপস্থিতিতেই ইহাকে প্রস্তুত করা সম্ভব। কিউপ্রাস অক্সাইডের সহিত ডাইমিথাইল সালফেটকে 160°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া কিউপ্রাস সালফেট প্রস্তুত করা হয় ; $Cu_2O + (CH_3)_2SO_4 = Cu_2SO_4 + (CH_3)_2O$ । উৎপন্ন সাদা চূর্ণকে ইথার দ্বারা ধৌত করিয়া বায়ুশূন্য স্থানে শুষ্ক করা যায়।

3.28 ধর্ম

ইহা সাদা চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ। জলের সংস্পর্শে আসিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া কপার ও কিউপ্রিক সালফেটে পরিণত হয় ; $Cu_2SO_4 = Cu + CuSO_4$ । কিউপ্রাস সালফেট ও অ্যামোনিয়ার জটিল যৌগ অধিকতর সুস্থিত ;

$$Cu_2SO_4 + 4NH_4OH = [Cu_2(NH_3)_4]SO_4, H_2O + 3H_2O$$

কপার সালফেট বা কিউপ্রিক সালফেট, $CuSO_4$ / ব্লু ভিট্রিয়ল বা তুঁতে $CuSO_4, 5H_2O$

3.29 প্রস্তুতি

(1) পরীক্ষাগারে উত্তপ্ত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে কিউপ্রিক অক্সাইড, কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড বা কিউপ্রিক কার্বনেট দ্রবীভূত করিয়া সোদক কিউপ্রিক সালফেট প্রস্তুত করা যায় ; $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O$

$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$ । উৎপন্ন দ্রবণকে গাঢ়ীভূত করিলে সোদক কিউপ্রিক সালফেট $CuSO_4, 5H_2O$ ব্লু ভিট্রিয়ল বা তুঁতের কেলাস পাওয়া যায়।

(2) সোদক কিউপ্রিক সালফেট শিল্পোৎপাদনের একটি পদ্ধতিতে একটি লেড আস্তরণযুক্ত স্তম্ভ কপার খণ্ডে পূর্ণ করিয়া উহার মধ্যে বায়ুচালনা এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড স্প্রে করা হয়। কপার বায়ুর উপস্থিতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্রিক সালেফেটে পরিণত হয়।

$$2Cu + 2H_2SO_4 + O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$

3.32 ক্ষারকীয় কিউপ্রিক কার্বনেট

কিউপ্রাস অক্সাইড দূর্বল ক্ষারকীয় অক্সাইড বলিয়া কোন কিউপ্রাস কার্বনেট যৌগের অস্তিত্ব নাই। কিউপ্রিক কার্বনেটকেও শুধুমাত্র ক্ষারকীয় কার্বনেট রূপে দেখিতে পাওয়া যায়। ঘন নীলবর্ণ অ্যাজুরাইট $2CuCO_3, Cu(OH)_2$ এবং সবুজ ম্যালাকাইট $CuCO_3, Cu(OH)_2$ খনিজ হিসাবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কিউপ্রিক লবণের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে যে অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় তাহার সংযুতি অ্যাজুরাইটের মত ;

$$3Na_2CO_3 + 3CuSO_4 + H_2O = 2CuCO_3, Cu(OH)_2 + 3Na_2SO_4 + CO_2$$

অ্যাজুরাইট ও ম্যালাকাইটকে পিগমেণ্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

3.33 কপার যৌগের সনাক্তকরণ পরীক্ষা ঃ

শুষ্ক পরীক্ষা ঃ (1) চারকোল বিজারণ পরীক্ষা—লালবর্ণ আঁশ ; (2) শিখা পরীক্ষা—সবুজ শিখা ; (3) বোরাক্সগুটি পরীক্ষা—জারক শিখায় গুটির বর্ণ নীল এবং বিজারক শিখায় অস্বচ্ছ লাল।

সিক্ত পরীক্ষা ঃ (1) লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে H_2S চালনা করিলে CuS-এর কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, $CuCl_2 + H_2S = CuS\downarrow + 2HCl$; (2) উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে লঘু HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া অতিরিক্ত NH_4OH যোগ করিলে ঘন নীলবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন হয় ; (3) উৎপন্ন নীলবর্ণ দ্রবণকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের দ্বারা আম্লিক করিয়া পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করিলে চকোলেট বর্ণ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$2CuSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] = Cu_2[Fe(CN)_6]\downarrow + 2K_2SO_4$$

3.34 সোডিয়াম ও কপারের ধর্মের তুলনা

সোডিয়াম ও কপার উভয়েই পর্যায় সারণীতে প্রথম শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত, কিন্তু সোডিয়াম IA উপশ্রেণীতে এবং কপার IB উপশ্রেণীতে অবস্থিত। সেইজন্য উহাদের ধর্মের মধ্যে কিছু কিছু সাদৃশ্য থাকিলেও বৈসাদৃশ্যও আছে, বরং বৈসাদৃশ্যই বেশি প্রকট।

(1) সোডিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ এবং কপারের $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$; অর্থাৎ উভয়েরই সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন স্তরে একটি মাত্র ইলেকট্রন আছে। সেইজন্য উভয়েই একযোজী মৌল হিসাবে যৌগ গঠন করিতে পারে ; যেমন, NaCl, CuCl ; Na_2SO_4, Cu_2SO_4।

(2) কিন্তু সোডিয়াম ও অন্যান্য IA উপশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত ক্ষারধাতুর ক্ষেত্রে সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রনটির ঠিক নিম্নের কক্ষে আছে 8টি ইলেকট্রন, কিন্তু কপার ও অন্যান্য IB উপশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত মুদ্রাধাতুর ক্ষেত্রে 18টি ইলেকট্রন। সোডিয়াম ও অন্যান্য ক্ষারধাতু একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া নিষ্ক্রিয় মৌলের ইলেকট্রন সজ্জা লাভ করিতে পারে বলিয়া সর্বদাই একযোজী। কিন্তু কপার ও

অন্যান্য মুদ্রাধাতু তাহাদের নিম্নতর d উপকক্ষে 10টি ইলেকট্রনের অবস্থিতির জন্য সন্ধিগত মৌল (Transitional element) হিসাবে ব্যবহার করে। অর্থাৎ এই 10টি ইলেকট্রনের উপস্তর হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন সর্ববহিস্থ স্তরে উঠিয়া যোজ্যতা ইলেকট্রন হিসাবে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিতে পারে। সেজন্য ইহারা পরিবর্তনশীল যোজ্যতা ধর্ম প্রদর্শন করে। দ্বিযোজী কপারের অসংখ্য যৌগ আছে এবং ইহারা একযোজী কপারের সংশ্লিষ্ট যৌগের তুলনায় সাধারণত বেশি সুস্থিত।

(3) সন্ধিগত মৌল হিসাবে কপারের আপেক্ষিক গুরুত্ব ও গলনাঙ্ক বেশি (আ. গু. 8·94 ; গলনাঙ্ক 1083°C) এবং ইহা বেশ শক্ত। অপর দিকে সোডিয়াম নরম ধাতু। উহাকে ছুরি দিয়া কাটা যায় এবং উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব ও গলনাঙ্ক কম (আ. গু. 0·97 ; গলনাঙ্ক 97·9°C)।

(4) কপার ও IB উপশ্রেণীর অন্যান্য ধাতুর তুলনায় সোডিয়াম ও IA উপশ্রেণীর ধাতুগুলির পারমাণবিক আয়তন (Atomic volume অর্থাৎ পারমাণবিক গুরুত্ব÷ ঘনত্ব) বেশি এবং আয়নীভবন বিভব (Ionisation potential, অর্থাৎ পরমাণু হইতে বহিস্থ ইলেকট্রনকে বিচ্ছিন্ন করার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি) কম। পারমাণবিক আয়তন (সুতরাং পরমাণুর ব্যাসার্ধ) বেশি হওয়ার জন্য সোডিয়াম ও অন্যান্য IA উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলির যোজ্যতা ইলেকট্রন কেন্দ্রক হইতে বেশি দূরে অবস্থিত এবং দুর্বলভাবে আবদ্ধ। সেইজন্য সোডিয়াম ও অন্যান্য ক্ষারধাতু সহজেই ইলেকট্রন বর্জন করিয়া আয়নে পরিণত হইতে পারে অর্থাৎ অত্যন্ত সক্রিয়। বিপরীতক্রমে কপারের মত IB উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুর ক্ষেত্রে, পরমাণুর ব্যাসার্ধ কম, যোজ্যতা ইলেকট্রন কেন্দ্রকের সহিত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ এবং সেইজন্য রাসায়নিক সক্রিয়তা কম। বস্তুত কপারকে (সিলভার ও গোল্ডের মত IB-এর অন্য ধাতুগুলিকে তো বটেই) প্রকৃতিতে অনেক সময় মুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়। অন্যদিকে সোডিয়াম সর্বাপেক্ষা বেশি সক্রিয় তড়িৎ ধন্যাত্মক মৌলগুলির অন্যতম এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যতীত, উহাকে সাধারণ কোন রাসায়নিক বিজারণ পদ্ধতিতে মুক্ত অবস্থায় আনা যায় না।

(5) সোডিয়াম বা IA উপশ্রেণীর অন্যান্য ধাতু জটিল যৌগ গঠন করিতে পারে না এবং ইহাদের আয়ন বর্ণহীন। কিন্তু সন্ধিগত মৌল সারির অন্তর্ভুক্ত হওয়ার জন্য কপার জটিল ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন (যথা $[Cu(NH_3)_4]^{+4}$, $[Cu(CN)_4]^{=}$ ইত্যাদি) গঠন করিতে এবং রঙ্গীন আয়ন উৎপন্ন করিতে সক্ষম।

(6) পারমাণবিক আয়তন কম হওয়ার জন্য কপার এবং IB উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলির সমযোজী যৌগ গঠন করিবার প্রবণতা আছে; যেমন, CuCl। কিন্তু সোডিয়াম বা IA উপশ্রেণীর অন্য কোন ধাতু সমযোজী যৌগ গঠন করিতে পারে না। ইহাদের সকল যৌগই আয়নীয়।

সার-সংক্ষেপ

কপার

আকরিক : কপার পাইরাইটিস $CuFeS_2$; কপার গ্লান্স Cu_2S , কিউপ্রাইট বা রেড কপার ওর Cu_2O

নিষ্কাশন : প্রধান আকরিক কপার পাইরাইটিস হইতে কপার নিষ্কাশন প্রণালীতে পাঁচটি পর্যায় : (a) আকরিক গাঢ়ীকরণ (b) তাপজারণ (c) বিগলন (d) স্বতঃবিজারণ এবং (e) বিশোধন।

(a) **গাঢ়ীকরণ** (ফেনভাসন পদ্ধতি) : আকরিক চূর্ণ+জল+পাইন তৈল+জ্যানথেট+বায়ুপ্রবাহ।

(b) **তাপজারণ :** (প্রধান বিক্রিয়া)

$$2CuFeS_2+4O_2=Cu_2S+3SO_2+2FeO$$

(c) **বিগলন :** (প্রধান বিক্রিয়া) $FeO+SiO_2=FeSiO_3$ (ধাতুমল)

(d) **স্বতঃবিজারণ :** $2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$,

$2Cu_2O+Cu_2S=SO_2+6Cu$ (ব্লিস্টার কপার)

(e) **বিশোধন :** (1) তাপশোধন $4Cu+O_2=2Cu_2O$,

$Cu_2O+Fe=2Cu+FeO$; $FeO+SiO_2=FeSiO_3$

(2) **তড়িৎ-শোধন :** তড়িৎ-বিশ্লেষ্য 15% $CuSO_4$+5–10%H_2SO_4 , পাতলা বিশুদ্ধ কপার ক্যাথোড , পুরু অশুদ্ধ কপার অ্যানোড।

অ্যানোডে বিক্রিয়া $Cu \rightarrow Cu^{++}+2e$; ক্যাথোডে বিক্রিয়া $Cu^{++}+2e \rightarrow Cu$

কপারের ধর্ম : লাল রঙের ধাতু, আ. গু. 8·95 ; গলনাঙ্ক (বায়ুতে) 1063°C

$Cu+2H_2SO_4$ (গাঢ়) $=CuSO_4+2H_2O+SO_2$

$Cu+4HNO_3$ (গাঢ়) $=Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$

$3Cu+8HNO_3$ (1 : 1) $=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$

$4Cu+10HNO_3$ (অতি লঘু) $=4Cu(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$

$5Cu$ (উত্তপ্ত) $+2HNO_3$ (বাষ্প) $=5CuO+N_2+H_2O$

$Cu+Cl_2=CuCl_2$, $Cu+S$ (বাষ্প) $=CuS$

$Fe_2(SO_4)_3+Cu=2FeSO_4+CuSO_4$

$Cu+2AgNO_3=Cu(NO_3)_2+2Ag$

ব্যবহার : তড়িৎ-পরিবহণের তার, ব্যাটারি, জেনারেটর ইত্যাদি নির্মাণে ; যন্ত্রাংশ, পাইপ, বাসনপত্র নির্মাণে ; মুদ্রা, সংকর ধাতু ইত্যাদি নির্মাণে।

কয়েকটি কপারঘটিত সংকর ধাতু : (1) ব্রাস বা পিতল Cu 70, Zn 30 , (2) ব্রোঞ্জ Cu 90, Sn 10 (3) জার্মান সিলভার Cu 55, Zn 25, Ni 20।

কিউপ্রাস অক্সাইড, Cu_2O

প্রস্তুতি ঃ কিউপ্রিক অক্সাইড ও কপারের মিশ্রণ গলিত করিয়া অথবা ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে $CuSO_4$ দ্রবণ বিজারিত করিয়া। $Cu+CuO=Cu_2O$।

$$2CuSO_4+4NaOH+2\,[H]=Cu_2O+2Na_2SO_4+3H_2O$$

ধর্ম ঃ জলে অদ্রাব্য লাল কঠিন পদার্থ। $2Cu_2O+O_2=2CuO$

$$Cu_2O+2HCl=2CuCl+H_2O\ ;$$
$$Cu_2O+H_2SO_4=CuSO_4+Cu+H_2O$$

ব্যবহার ঃ চুনী কাচ প্রস্তুতিতে, আলোক তড়িৎ-কোষ প্রস্তুতিতে।

কিউপ্রিক অক্সাইড, Cu_2O

প্রস্তুতি ঃ ম্যালাকাইট ভস্মীকরণ করিয়া অথবা $Cu\,(OH)_2$ বা $Cu\,(NO_3)_2$ উত্তপ্ত করিয়া।

$$CuCO_3,\ Cu\,(OH)_2 \overset{\Delta}{=} 2CuO+CO_2+H_2O\ ;\ Cu\,(OH)_2 \overset{\Delta}{=} CuO+H_2O$$

$$2Cu\,(NO_3)_2 \overset{\Delta}{=} 2CuO+4NO_2+O_2\ ।$$

ধর্ম ঃ কৃষ্ণবর্ণ জলে অদ্রাব্য কঠিন ক্ষারকীয় অক্সাইড।

$$CuO+H_2SO_4=CuSO_4+H_2O\ ;$$
$$CuO+C \overset{\Delta}{=} Cu+CO\ ,\ CuO+H_2 \overset{\Delta}{=} Cu+H_2O\ ;$$
$$CuO+CO \overset{\Delta}{=} Cu+CO_2$$

ব্যবহার ঃ নীলবর্ণ কাচ প্রস্তুতিতে, বিভিন্ন কিউপ্রিক লবণ উৎপাদনে।

কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড, CuOH

অত্যন্ত অস্থিত যৌগ।

কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড, $Cu(OH)_2$

প্রস্তুতি ঃ কিউপ্রিক লবণের দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করিলে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$CuSO_4+2NaOH=Na_2SO_4+Cu\,(OH)_2\downarrow$$

ধর্ম ঃ জলে অদ্রাব্য হালকা নীলরঙের কঠিন পদার্থ।

$$Cu\,(OH)_2+H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O\ ;$$
$$Cu\,(OH)_2+4NH_3=[\,Cu\,(NH_3)_4\,]\,(OH)_2$$

ব্যবহার ঃ NH_4OH-তে দ্রবীভূত অবস্থায় রেয়ন ও সেলোফেন পেপার উৎপাদনে।

কিউপ্রাস ক্লোরাইড, CuCl

প্রস্তুতি ঃ গাঢ় HCl-এ ফুটন্ত অবস্থায় Cu ছিবড়া ও CuO দ্রবীভূত করিয়া ;

$$Cu+CuO+2HCl=2CuCl+H_2O$$

ধর্ম : সাদা চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ গলনাঙ্ক 422°C। জলে অদ্রাব্য কিন্তু গাঢ় HCl-তে জটিল যৌগ উৎপন্ন করিয়া দ্রবীভূত হয়; $CuCl + HCl = H[CuCl_2]$ এবং প্রাপ্ত দ্রবণ CO শোষণ করিতে পারে। NH_4OH-তে দ্রবীভূত CuCl দ্রবণ CO ব্যতীত C_2H_2-কেও শোষণ করে;

$$C_2H_2 + 2CuCl + 2NH_4OH = Cu_2C_2 + 2NH_4Cl + 2H_2O$$

ব্যবহার : নিওপ্রিন রবার ইত্যাদি উৎপাদনে অনুঘটক রূপে এবং গ্যাস বিশ্লেষণে শোষক হিসাবে।

কিউপ্রিক ক্লোরাইড, $CuCl_2$

প্রস্তুতি : $CuO + 2HCl$ (উষ্ণ, গাঢ়) $+ H_2O = CuCl_2, 2H_2O$ (সোদক কেলাস) Cu (তপ্ত) $+ Cl_2 = CuCl_2$ (অনার্দ্র)

ধর্ম : $CuCl_2$ উদগ্রাহী এবং জল অ্যালকোহল ইত্যাদিতে দ্রাব্য। অনার্দ্র লবণ বাদামী বা হলুদ হইলেও জলীয় দ্রবণ $[Cu(H_2O)_4]^{++}$ উৎপত্তির জন্য নীল।

$$2CuCl_2 \overset{\Delta}{=} 2CuCl + Cl_2 \text{ ; } CuCl_2 + Cu = 2CuCl \text{ ;}$$
$$2CuCl_2 + Zn = 2CuCl + ZnCl_2$$

ব্যবহার : ডেকন পদ্ধতি ইত্যাদিতে অনুঘটকরূপে।

কিউপ্রাস নাইট্রেট, $CuNO_3$

কেবলমাত্র জটিল যৌগরূপেই পরিচিত।

কিউপ্রিক নাইট্রেট, $Cu(NO_3)_2$

প্রস্তুতি : Cu, CuO ইত্যাদিকে লঘু HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া।

$$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$$

ধর্ম : $Cu(NO_3)_2, 6H_2O$ সোদক কেলাস উদগ্রাহী নীলবর্ণ কেলাস। নিরুদিত কিউপ্রিক নাইট্রেট সাদা চূর্ণ। $2Cu(NO_3)_2 \overset{\Delta}{=} 2CuO + 4NO_2 + O_2$

ব্যবহার : পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে

কিউপ্রাস সালফেট, Cu_2SO_4

সাদা চূর্ণাকৃতি কঠিন। জলের সংস্পর্শে বিয়োজিত হয়।

কিউপ্রিক সালফেট $CuSO_4$; ব্লু ভিট্রিয়ল বা তুঁতে $CuSO_4, 5H_2O$

প্রস্তুতি : কপার পাইরাইটিস জারিত করিয়া লঘু H_2SO_4 দ্বারা দ্রাবিত করিলে $FeSO_4$ যুক্ত $CuSO_4$ দ্রবণ পাওয়া যায়; $CuFeS_2 + 4O_2 = FeSO_4 + CuSO_4$। দ্রবণকে HNO_3 মিশাইয়া ফুটাইলে $FeSO_4$ জারিত হইয়া $Fe_2(SO_4)_3$-তে পরিণত হয় এবং কেলাসিত করিলে তুঁতে বা কিউপ্রিক সালফেটের $CuSO_4, 5H_2O$ সোদক কেলাস উৎপন্ন করে।

ধর্ম ঃ তুঁতে বা ব্লু ভিট্রিয়ল $CuSO_4, 5H_2O$ নীলবর্ণ কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। উত্তপ্ত করিলে ইহা 100°C-এ 4 অণু জল এবং 250°C-এ অবশিষ্ট জলের অণুটি পরিত্যাগ করিয়া বর্ণহীন অনার্দ্র $CuSO_4$-এ পরিণত হয়।

$$4CuSO_4 + 6NaOH = CuSO_4, 3Cu(OH)_2 \downarrow + 3Na_2SO_4$$

$$CuSO_4, 3Cu(OH)_2 + 2NaOH = 4Cu(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$CuSO_4 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4]SO_4 + 4H_2O$$

$$2CuSO_4 + 4KI = 2K_2SO_4 + 3CuI \downarrow + I_2$$

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu \downarrow$$

ব্যবহার ঃ জীবাণু ও ছত্রাকনাশক হিসাবে ; তড়িৎ-লেপন, তড়িৎ-মুদ্রণ ও কপার বিশুদ্ধীকরণে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ; রং করা ও ছাপানোর কাজে ; কাঠ ও চামড়া সংরক্ষণে।

কিউপ্রিক কার্বনেট

ইহাকে শুধু ক্ষারকীয় কিউপ্রিক কার্বনেট রূপেই, দেখিতে পাওয়া যায়।

উৎস ঃ অ্যাজুরাইট $2CuCO_3, Cu(OH)_2$; ম্যালাকাইট $CuCO_3, Cu(OH)_2$।

ধর্ম ঃ অ্যাজুরাইট নীল ও ম্যালাকাইট সবুজবর্ণ কঠিন পদার্থ।

ব্যবহার ঃ অ্যাজুরাইট ও ম্যালাকাইটকে পিগমেণ্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. (a) কপারের যে-প্রধান আকরিক হইতে ধাতুটিতে নিষ্কাশন করা হয় তাহার নাম ও সঙ্কেত লিখ। ঐ আকরিক হইতে কিরূপে ব্লিস্টার কপার প্রস্তুত করা হয়? সংঘটিত বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও। [J. E. 1982]

(b) টীকা লিখ ঃ (i) তুঁতে, (ii) পিতল, (iii) ব্রোঞ্জ। [Tripura, 1982]

2. (a) স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা যায় এমন একটি ধাতুর নাম ও নিষ্কাশন সংক্রান্ত বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও। [H. S. 1985]

(b) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের প্রস্তুতপ্রণালী ও ব্যবহার বিবৃত কর। [H. S. 1985]

3. খনিজ ও আকরিকের মধ্যে পার্থক্য কি? কপার পিরাইটিস হইতে কপার ধাতু নিষ্কাশনের বিভিন্ন স্তরের বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। [H. S. 1979]

4. কপারের দুইটি আকরিকের নাম ও সঙ্কেত লিখ। ব্লিস্টার কপারের বিশোধন পদ্ধতি আলোচনা কর। কপার সালফেট দ্রবণের সহিত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ এবং পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণ পৃথকভাবে কিরূপ বিক্রিয়া করে? [H. S. 1981]

5. নীল ভিট্রিয়ল কি? ইহা কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? উত্তাপ দিলে ইহার কি পরিবর্তন ঘটে? [Tripura 1981]

তামার সালফাইড আকরিক পুড়িয়েই ধাতুটি পাওয়া যায়—এই বক্তব্যকে যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1985]

6. কি করিয়া কপার লবণকে শুষ্ক ও সিক্ত পরীক্ষার সাহায্যে সনাক্ত করিবে? প্রয়োজনীয় রাসায়নিক সমীকরণগুলি লিখ।

7. সোডিয়ামকে পর্যায় সারণীর প্রথম শ্রেণীর A উপশ্রেণীতে এবং কপারকে প্রথম শ্রেণীর B উপশ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। এই অন্তর্ভুক্তি যে সঠিক তাহার স্বপক্ষে যুক্তি প্রদর্শন কর।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কি করিয়া প্রস্তুত করিবে?

(a) কপার কার্বনেট হইতে কিউপ্রাস ক্লোরাইড। [J. E. 1983]

(b) কপার পিরাইটিস হইতে ব্লু ভিট্রিয়ল। [J. E. 1984]

(c) তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ধাতব কপার।

(d) কপারচূর্ণ ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে কপার সালফেট। [J. E. 1982]

2. উপযুক্ত সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ:

(a) কপার সালফেট দ্রবণে অ্যালুমিনিয়ামের পাত ডোবানো হইল। [H. S. 1982]

(b) অ্যাসিডযুক্ত কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হইল। [H. S. 1983]

(c) কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করা হইল। [J. E. 1983]

(d) কপার সালফেট দ্রবণে লোহার ছুরি ডোবানো হইল। [H. S. 1984]

(e) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম সায়ানাইড যোগ করা হইল। [H. S. 1981]

(f) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালানো হইল।

(g) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

(h) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করা হইল।

3. একটি লবণ [A]-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করায় বাদামীবর্ণ একটি গ্যাস [B] নির্গত হইল এবং কৃষ্ণবর্ণ অবশেষ [N] পড়িয়া থাকিল। [N]-কে হাইড্রোজেন গ্যাসের স্রোতে দীর্ঘকাল তীব্রভাবে উত্তপ্ত করার ফলে উহা বিজারিত হইয়া লাল-বর্ণ কপার ধাতুতে পরিণত হইল। [A], [B], ও [N]-কে সনাক্ত করিয়া রাসায়নিক পরিবর্তনগুলিকে উপযুক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।

4. একটি ধাতু [A]-কে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করার ফলে ঝাঁঝালো পোড়া বারুদের গন্ধযুক্ত গ্যাস [B] নির্গত হইল এবং একটি লবণ [C]-এর নীলবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন হইল। [C]-কে জলের সাহায্যে লঘু করিয়া উহার মধ্যে H_2S গ্যাস চালনা করার ফলে একটি কালো অধঃক্ষেপ [D] উৎপন্ন হইল। [D]-কে পৃথক করিয়া লঘু HNO_3-তে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ NH_4OH যোগ করিবার ফলে প্রথমে একটি হাল্কা নীল অধঃক্ষেপ [E] পাওয়া গেল যাহা অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হইয়া ঘন নীল দ্রবণ [F]-তে পরিণত হইল। [A], [B], [C], [D], [E] ও [F]-কে সনাক্ত করিয়া রাসায়নিক পরিবর্তন-গুলিকে উপযুক্ত সমীকরণের সাহায্যে সূচিত কর।

5. কারণ দেখাও :

(a) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ কার্বন মনোক্সাইড শোষণ করে কেন? (b) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ অ্যাসিটিলিন শোষণ করে কেন? (c) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ নীল হইতে সবুজে রূপান্তরিত হয় কেন? (d) কিউপ্রাস সালফেটের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না কেন? (e) কপার সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করিলে গাঢ় নীলবর্ণের উৎপত্তি হয় কেন? (f) কপার পিরাইটিস হইতে তুঁতে উৎপাদন পদ্ধতিতে কেলাসনের পূর্বে দ্রবণে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয় কেন?

ক্যালসিয়াম ও উহার কয়েকটি যৌগ

CALCIUM AND SOME OF ITS COMPOUNDS

চিহ্ন Ca

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 20

পারমাণবিক গুরুত্ব 40

ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

4.1 প্রকৃতিতে অবস্থান

ক্যালসিয়ামকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায় না, কিন্তু যৌগ হিসাবে ইহা পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে বিপুল পরিমাণে পাওয়া যায়।

(1) **কার্বনেট :** $CaCO_3$ বা ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে চুনাপাথর, মার্বেল, আইসল্যাণ্ড স্পার, ক্যালসাইট ইত্যাদি খনিজ হিসাবে এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের যুগ্ম লবণকে ($CaCO_3$, $MgCO_3$) ডলোমাইট হিসাবে প্রচুর পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়।

(2) **সালফেট :** ক্যালসিয়াম সালফেটকে অ্যানহাইড্রাইট খনিজ হিসাবে $CaSO_4$ রূপে এবং জিপসাম খনিজ হিসাবে $CaSO_4, 2H_2O$ রূপে পাওয়া যায়।

(3) **ফ্লুয়োরাইড :** ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইডকে পাওয়া যায় ফ্লুয়োরস্পার CaF_2 এবং অ্যাপেটাইট $CaF_2, 3Ca_3(PO_4)_2$ রূপে।

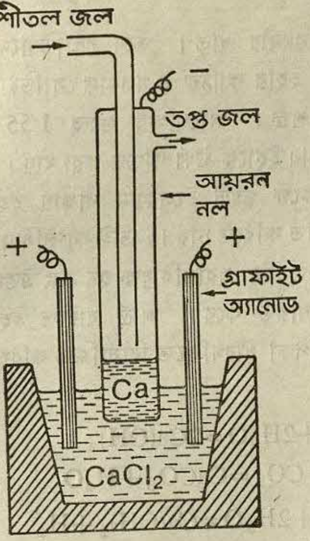
(4) **ফস্‌ফেট :** ক্যালসিয়ামের প্রধান ফসফেট আকরিকের নাম ফস্‌ফোরাইট $Ca_3(PO_4)_2$।

ক্যালসিয়াম ফসফেট মেরুদণ্ডী প্রাণীর হাড় এবং দাঁতের প্রধান উপাদান। সমুদ্রের জলেও অল্প পরিমাণ ক্যালসিয়াম লবণ থাকে এবং ঝিনুক, শামুক, শাঁখ ইত্যাদি প্রাণী সেই ক্যালসিয়াম গ্রহণ করিয়া শরীরের খোলসে সঞ্চিত করিয়া রাখে।

4.2 ক্যালসিয়াম ধাতু নিষ্কাশন প্রণালী

ক্যালসিয়াম ধাতুকে অনার্দ্র গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়। (মার্বেল পাথরের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রথমে সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও তারপর উহা হইতে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করিয়া লওয়া হয়—$CaCl_2$ দ্রষ্টব্য)। তবে বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ককে (774°C) কমাইবার জন্য সাধারণত উহার সহিত 6 : 1 অনুপাতে ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইড মিশ্রিত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের গলনাঙ্ককে 664°C-এ নামাইয়া আনা হয়। একটি গ্রাফাইট আচ্ছাদনযুক্ত মুচিতে উপরি-উক্ত অনুপাতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড—ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইডের মিশ্রণ লইয়া প্রায় 700°C তাপমাত্রায় গলিত অবস্থায় রাখা হয়। গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে ঝুলাইয়া রাখা দুইটি গ্রাফাইট ব্লককে অ্যানোড হিসাবে এবং

গ্রাফাইট ব্লক দুইটির মধ্যস্থলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে স্পর্শ করিয়া ঝুলন্ত একটি ফাঁপা আয়রন দণ্ডকে ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহার করা হয়। শীতল জল প্রবাহিত করিয়া ফাঁপা আয়রন ক্যাথোড এবং মুচির তলদেশ শীতল করার ব্যবস্থা রাখা হয়। মুচির তলদেশ শীতল হওয়ার ফলে উহার গাত্রে কিছু ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড কঠিনীভূত হইয়া এক রক্ষাকারী আস্তরণ সৃষ্টি করে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ শুরু হইলে অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস এবং ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম ধাতু মুক্ত হয়। ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম ধাতু (গলনাঙ্ক 851°C) সঞ্চিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে কঠিনীভূত হইতে থাকে। এক যান্ত্রিক ব্যবস্থার সাহায্যে ক্যাথোডকে এমন ধীরগতিতে উপরে তোলা হয় যাহাতে উহার নিম্নপ্রান্ত সর্বদা তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে স্পর্শ করিয়া থাকে। এইরূপ ব্যবস্থার ফলে প্রকৃতপক্ষে কঠিনীভূত ক্যালসিয়ামই ক্যাথোডের কাজ করে। কঠিনীভূত ক্যালসিয়ামকে উপরে তুলিবার সময় উহার গাত্রসংলগ্ন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডও কঠিনীভূত হইয়া একটি আবরণ সৃষ্টি করে এবং সেই রক্ষাকারী আবরণের ফলে ধাতব ক্যালসিয়াম বায়ুর অক্সিজেনের এবং অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিনের আক্রমণ হইতে রক্ষা পায়। এইরূপে প্রাপ্ত ক্যালসিয়ামকে উহার অমসৃণ বহির্তলের জন্য 'গাজর' (Carrot) বলা হয়।



চিত্র 4.1 ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন

বিক্রিয়া $CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$

অ্যানোডে : $Cl^- \rightarrow [Cl] + e$; $2[Cl] \rightarrow Cl_2$

ক্যাথোডে : $Ca^{++} + 2e \rightarrow Ca$

শোধন : উৎপন্ন ক্যালসিয়ামকে বায়ুশূন্য অবস্থায় পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি : ক্যালসিয়ামকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতির সাহায্যে প্রস্তুত করা যায় না। ক্যালসিয়াম অক্সাইডকে কার্বনচূর্ণের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম ধাতুর পরিবর্তে ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন হয় ;

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

মোটামুটি বিশুদ্ধ অল্প পরিমাণ ক্যালসিয়াম ধাতু প্রস্তুতির অপর এক উপায় অতিরিক্ত পরিমাণ সোডিয়াম ধাতু মিশ্রিত করিয়া ক্যালসিয়াম আয়োডাইডকে উত্তপ্ত করা ;

$$2Na + CaI_2 = Ca + 2NaI$$

উৎপন্ন ক্যালসিয়ামকে গলিত সোডিয়ামে দ্রবীভূত অবস্থায় পাওয়া যায় এবং শীতল করিলে উহা কেলাসিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হইতে থাকে। অধঃক্ষিপ্ত ক্যালসিয়াম ধাতুর কেলাস পৃথক করিয়া উহা হইতে সোডিয়ামকে অ্যাবসোলিউট অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়ার সাহায্যে দূরীভূত করা হয় ;

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

ক্যালসিয়াম ধাতু অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করে না।

4.3 ধর্ম

ভৌতধর্ম : ক্যালসিয়াম, রজতশুভ্র, হাল্‌কা, নমনীয় ধাতু। তবে সোডিয়ামের তুলনায় ইহার পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ছোট হওয়ায় ইহার কাঠিন্য ও গলনাঙ্ক সোডিয়াম অপেক্ষা বেশি। ইহা লেড হইতে সামান্য বেশি শক্ত। আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·55 ; গলনাঙ্ক 851°C। বায়ুশূন্য অবস্থায় 800°C তাপমাত্রায় ইহাকে ঊর্ধ্বপাতিত করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : ক্যালসিয়ামের সর্ববহিস্থ কক্ষে দুইটি ইলেকট্রন থাকায় ইহা দুইটি ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া সুস্থিত অষ্টক গঠন লাভ করিতে চায়। তাই ক্যালসিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় দ্বিযোজী ধাতু। বহু অধাতুর সহিত ইহা সরাসরি যুক্ত হয় এবং উত্তপ্ত অবস্থায় প্রায় সব ধাতব অক্সাইডকে সংশ্লিষ্ট ধাতুতে বিজারিত করে। আর্দ্র বায়ুতে ইহা ধীরে ধীরে জারিত হয় এবং শীতল জলকে ক্ষার ধাতু অপেক্ষা ধীরগতিতে বিয়োজিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

(1) **আর্দ্র বায়ুতে বিক্রিয়া :** $2Ca + O_2 + 2H_2O = 2Ca(OH)_2$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

(2) **শীতল জলের সহিত বিক্রিয়া :** $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$

(3) অক্সিজেন বা বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম উজ্জ্বল শ্বেত আলোক বিকীর্ণ করিয়া জ্বলিতে থাকে ; $2Ca + O_2 = 2CaO$। একই সঙ্গে কিছু নাইট্রাইডও উৎপন্ন হয় ; $3Ca + N_2 = Ca_3N_2$

(4) হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন গ্যাস অথবা সালফার বাষ্পের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম যথাক্রমে হাইড্রাইড, ক্লোরাইড, নাইট্রাইড ও সালফাইডে পরিণত হয়।

$$Ca + H_2 = CaH_2 \;;\; Ca + Cl_2 = CaCl_2$$

$$3Ca + N_2 = Ca_3N_2 \;;\; Ca + S = CaS$$

ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডে হাইড্রোজেন ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত হাইড্রাইড অ্যানায়ন রূপে অবস্থান করে। জলের সংস্পর্শে ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে ; $CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$। ক্যালসিয়াম নাইট্রাইডও জলে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়।

$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

(5) উত্তপ্ত করিলে অধিকাংশ ধাতুর অক্সাইড ক্যালসিয়াম দ্বারা বিজারিত হয়।

$$2Ca + TiO_2 = 2CaO + Ti \;;\; BeO + Ca = Be + CaO$$

(6) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে দ্রুত উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম উহার অক্সাইড ও কার্বাইডে পরিণত হয় ; $5Ca + 2CO_2 = 4CaO + CaC_2$।

(7) অধিকাংশ ধাতুর ক্লোরাইড বা ফ্লুয়োরাইড ক্যালসিয়াম দ্বারা বিজারিত হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড বা ফ্লুয়োরাইডকেও ক্যালসিয়াম বিজারিত করিতে পারে, কিন্তু আয়োডাইডকে পারে না ; $2NaCl + Ca = CaCl_2 + 2Na$।

(8) সাধারণ তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিয়া $Ca(NH_3)_6$ উৎপন্ন এবং তাপ নির্গত করে। কিন্তু অ্যামোনিয়া গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম ভাস্বর হইয়া উঠে এবং হাইড্রাইড ও অ্যামাইড উৎপন্ন করে;

$$2Ca + 2NH_3 = Ca(NH_2)_2 + CaH_2$$

4.4 ক্যালসিয়ামের ব্যবহার

ক্যালসিয়াম আংশিক বায়ুশূন্য স্থান হইতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অবশিষ্টাংশ দূরীভূত করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। আর্গন হইতে নাইট্রোজেনের অবশিষ্টাংশ দূরীভূত করিবার জন্যও ইহাকে ব্যবহার করা যায়। লেড শক্ত করিবার জন্য এবং 'বেটারটন' পদ্ধতিতে লেড হইতে বিসমাথ দূরীভূত করার জন্য ক্যালসিয়াম ব্যবহৃত হয়। কপার, আয়রন, স্টীল ইত্যাদি হইতে অক্সিজেন দূরীভূত করিবার জন্য ধাতুবিদ্যায় ইহার ব্যবহার আছে। লেডের সহিত অথবা অ্যালুমিনিয়ামের সহিত মিশ্রিত করিয়া সংকর ধাতু প্রস্তুতিতে ক্যালসিয়াম ব্যবহৃত হয়। পেট্রোলিয়াম হইতে সালফার দূরীভূত করিতে এবং অ্যালকোহল নিরুদিত করিতে ক্যালসিয়াম ব্যবহার করা হয়। বিজারক হিসাবে, বেরিলিয়াম, থোরিয়াম, ক্রোমিয়াম, ইউরেনিয়াম ইত্যাদি বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করার জন্যও ক্যালসিয়াম ব্যবহৃত হয়।

ক্যালসিয়ামের কয়েকটি যৌগ

ক্যালসিয়াম অক্সাইড [পাথুরে চুন বা পোড়া চুন (Quicklime)], CaO

4.5 শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি

মার্বেল, চুনাপাথর, খড়িমাটি ইত্যাদি প্রকৃতিজাত ক্যালসিয়াম কার্বনেট খনিজকে ভস্মীকরণ করিয়া পোড়া চুন শিল্পোৎপাদন করা হয়; $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2 - 34{\cdot}6\ Cal$। উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায় ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করিলে, যেহেতু ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং ক্যালসিয়াম অক্সাইড উভয়েই কঠিন এবং উহাদের সক্রিয় ভর ধ্রুবক।
$\therefore [CO_2] = K$ (সাম্যধ্রুবক)।

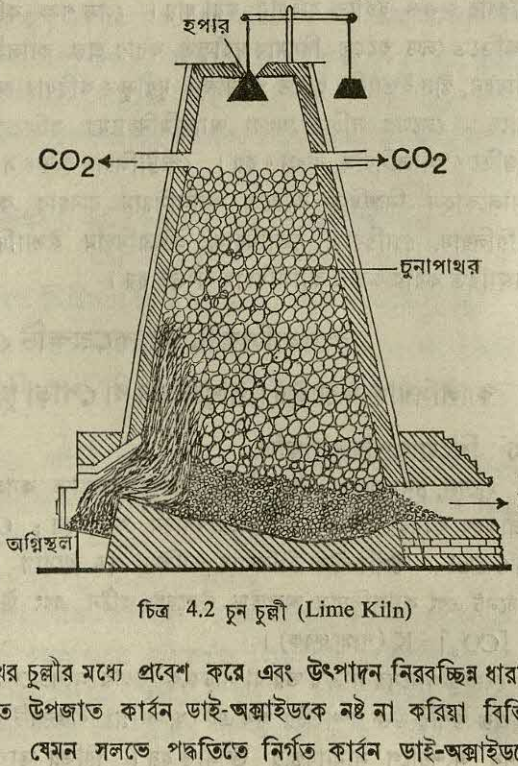
যেহেতু গ্যাসের সক্রিয় ভর বা গাঢ়ত্বকে উহার অংশচাপের সাহায্যে সূচিত করা যায়, সেইজন্য উপরি-উক্ত সম্পর্কটির অর্থ এই যে, সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি বিশেষ অংশচাপে সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়। বিভিন্ন তাপমাত্রায় এই সাম্যাবস্থাসূচক চাপের মান নিম্নরূপ:

তাপমাত্রা, °C	500	600	700	800	900	1000
চাপ, mmHg	0·11	2·35	25·3	168	773	2710

স্থাপিত সাম্যাবস্থাকে আরো অধিক ক্যালসিয়াম অক্সাইড উৎপাদনের অভিমুখে সরাইতে হইলে, হয় তাপমাত্রা বাড়াইতে হইবে, নতুবা উৎপাদিত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে আংশিকভাবে অপসারিত করিয়া উহার অংশচাপ কমাইতে হইবে। যদি কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের অংশচাপকে উহার সাম্যাবস্থাসূচক চাপ অপেক্ষা কম রাখা

যায়, তাহা হইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের বিয়োজন অবিরাম গতিতে সম্পন্ন হইতে থাকিবে। সেইজন্য চুনাপাথর ইত্যাদির ভস্মীকরণে, উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড যাহাতে সহজে অপসারিত হইতে পারে, তাহার ব্যবস্থা রাখা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

চুনচুল্লী বা চুনের ভাঁটি (Lime Kiln) : চুনাপাথর হইতে চুন উৎপাদনের জন্য শিল্পে চুনচুল্লী বা চুনের ভাঁটি ব্যবহার করা হয়। ইহা উপরের দিকে ক্রমশ সরু হইয়া গিয়াছে এরূপ এক স্তম্ভাকৃতি চুল্লী। চুল্লীর উপরে একটি হপারের মাধ্যমে চুনাপাথর ঢুকানোর এবং নিচে একটি নির্গম পথের মাধ্যমে উৎপন্ন চুন বাহির করার ব্যবস্থা আছে। চুল্লীর নিচে, চুন নির্গমপথের বিপরীত দিকে, কয়লা প্রজ্বলিত করিয়া উহার শিখা এবং দহনজাত উত্তপ্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে চুল্লীর মধ্যে চালিত করা হয় এবং চুল্লী হইতে বহির্গামী কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে চুল্লীর উপরাংশে উপযুক্ত নির্গমনলের মাধ্যমে বাহির করা হয়। কয়লার দহনজাত উত্তাপে চুল্লীর আভ্যন্তরীণ তাপমাত্রা 1000°C-এর উপরে থাকে। চুল্লী হইতে চুন বাহির করিবার সঙ্গে সঙ্গে,



চিত্র 4.2 চুন চুল্লী (Lime Kiln)

হপারের মাধ্যমে নূতন চুনাপাথর চুল্লীর মধ্যে প্রবেশ করে এবং উৎপাদন নিরবচ্ছিন্ন ধারায় অগ্রসর হয়। এই পদ্ধতিতে উপজাত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে নষ্ট না করিয়া বিভিন্ন উপায়ে ব্যবহার করা যায়। যেমন সলভে পদ্ধতিতে নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শোষক পাম্পের সাহায্যে সল্‌ভে স্তম্ভে চালনা করা হয়। আধুনিক যুগে কয়লাচূর্ণ, তৈল বা প্রডিউসার গ্যাসের সাহায্যে তাপিত ঘূর্ণায়মান চুল্লীও চুনের শিল্পোৎপাদনে ব্যবহৃত হইতেছে। কিন্তু অনুরূপ ক্ষেত্রে চুন চূর্ণাকারে উৎপন্ন হয়।

বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অক্সাইড প্রস্তুতি : আইসল্যাণ্ড স্পারকে প্লাটিনাম মুচিতে লইয়া ব্লোপাইপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। যখন দেখা যায়, উৎপন্ন পদার্থ হইতে সামান্য অংশ লইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দিলে বুদ্বুদন হইতেছে না, তখন বোঝা যায় আইসল্যাণ্ড স্পার সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হইয়াছে।

4.6 ধর্ম

উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত ক্যালসিয়াম অক্সাইড সাদা অনিয়তাকার পদার্থ। আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·3, গলনাঙ্ক 2570°C, স্ফুটনাঙ্ক 2850°C। ইহা আর্ক-চুল্লীতে ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া ঘনকাকৃতি কেলাস উৎপন্ন করে।

পোড়া চুন 300°C-এর ঊর্ধ্বে ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে; $2CaO+2Cl_2=2CaCl_2+O_2$। গন্ধকের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে পোড়া চুন ক্যালসিয়াম সালফাইড ও ক্যালসিয়াম সালফেটে পরিণত হয়; $4CaO+4S=3CaS+CaSO_4$। শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড কেবলমাত্র 300° সেন্টিগ্রেডের উপর উত্তপ্ত হইলে পোড়া চুনের সহিত বিক্রিয়া করে; $CaO+CO_2=CaCO_3$। ইহা সাধারণ তাপমাত্রায় শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড অথবা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে না। অবশ্য শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বিক্রিয়া করে, কিন্তু অত্যন্ত ধীরে ধীরে।

উচ্চ তাপমাত্রায় পোড়া চুন সিলিকার সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট এবং ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম ফসফেট উৎপন্ন করে; $CaO+SiO_2=Ca\ SiO_3$

$$4CaO+P_2O_5=Ca_3(PO_4)_2,\ CaO$$

পোড়া চুন জলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া ফোটানো চুনে (Slaked lime) পরিণত হয়; $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$। পোড়া চুনকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়;

$$2NH_4Cl+CaO=CaCl_2+H_2O+2NH_3$$

2000° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে কোকচূর্ণের সহিত বিক্রিয়ায় পোড়া চুন ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন করে; $CaO+3C=CaC_2+CO$

4.7 ব্যবহার

(1) ফোটানো চুন প্রস্তুতিতে এবং ফোটানো চুনে পরিণত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেট, কষ্টিক সোডা ইত্যাদি প্রস্তুতিতে; (2) পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া ইত্যাদি নিরুদিত করিতে; (3) কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষক হিসাবে; (4) চুনের আলো (Lime light) উৎপন্ন করিতে পোড়া চুন ব্যবহার করা হয়। ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে যখন সিমেণ্ট প্রস্তুতিতে, ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপাদনে অথবা বিগালক হিসাবে ব্যবহার করা হয় তখন উহার বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অক্সাইডই আসল বিক্রিয়া ঘটায়।

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা ফোটানো চুন (Slaked lime*), $Ca(OH)_2$

4.8 প্রস্তুতি

পোড়া চুনের সহিত অল্প অল্প জল মিশাইতে থাকিলে প্রচুর তাপমোচন এবং হিস্ হিস্

* Slaked lime-কে অনেকে কলিচুন নামে অভিহিত করিলেও চলন্তিকায় quick lime-এর পরিভাষা হিসাবে কলিচুন শব্দটি ব্যবহৃত হইয়াছে। সেইজন্য এখানে বিতর্কিত কলিচুন শব্দটি বর্জন করিয়া slaked lime-কে ফোটানো চুন নামে অভিহিত করা হইয়াছে।

শব্দ নির্গত করিয়া শক্ত পোড়া চুনের পিণ্ড অনিয়তাকার ফোটানো চুনের সাদা চুর্ণে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়াকে চুন ফোটানো বা স্ল্যাকিং অব লাইম (Slaking of lime) বলে ; $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ । বড় বড় চৌবাচ্চায় এই পদ্ধতির সাহায্যে ফোটানো চুনের পণ্যোৎপাদনও করা হয়।

(2) গাঢ় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে, গাঢ় কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাস দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সাদা অর্ধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ; $CaCl_2 + 2NaOH = 2NaCl + Ca(OH)_2$ । ব্যবহৃত দ্রবণ সম্পৃক্ত হইলে মিশ্রণটি কঠিনে পরিণত হয় (ফ্রানসেস্কো লানার রাসায়নিক ভেল্‌কি, 1686)।

4.9 ধর্ম

ভৌতধর্ম : ফোটানো চুন সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ ; আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·1 ; জলে স্বল্পমাত্রায় দ্রাব্য। দ্রাব্যতা তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। ফোটানো চুনকে পরিমিত পরিমাণ জলের সহিত আলোড়িত করিলে দুগ্ধের ন্যায় সাদা মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। ইহাকে চুন-গোলা বা মিল্ক অব লাইম (Milk of Lime) বলে। অধিক জলে অল্প পরিমাণ ফোটানো চুন আলোড়িত করিয়া থিতাইতে দিলে, উপরাংশে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের যে স্বচ্ছ সম্পৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়, তাহাকে চুনের জল (Lime water) বলা হয়। চুনের জলকে বায়ুশূন্য স্থানে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখিয়া বাষ্পায়িত করিলে হেক্সাগোনাল আকৃতির ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড কেলাস উৎপন্ন হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড তীব্র ক্ষার। ইহার জলে দ্রবীভূত অংশ আয়নিত হইয়া হাইড্রক্সাইড আয়ন উৎপন্ন করে ;

$$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$$

ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জলে পরিণত হয় ;

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$$

(2) ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডকে 450°C-এর উপরে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয় ; $Ca(OH)_2 = CaO + H_2O$)

(3) **ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া :** ক্লোরিন গ্যাস শুষ্ক ফোটানো চুনের সহিত 40°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করিয়া ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন করে ;

$$Cl_2 + Ca(OH)_2 = Ca(OCl)Cl \text{ (ব্লিচিং পাউডার)} + H_2O \text{ ।}$$

কিন্তু 450°C-এর উর্ধ্বে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় ;

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = CaCl_2 + H_2O + \tfrac{1}{2}O_2$$

চুনের জলে শীতল অবস্থায় ক্লোরিন চালিত করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয় কিন্তু উষ্ণ মিল্ক অব লাইমের মধ্যে চালিত করিলে ক্লোরাইড ক্লোরেটের মিশ্রণ পাওয়া যায় ;

$$2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

$$6Cl_2 + 6Ca(OH)_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$

(4) **কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া ঃ** ফোটানো চুনের সহিত বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধীর বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের উৎপত্তি, চুন-বালির মিশ্রণ বা মর্টারের (Mortar) জমাট বাঁধার ভিত্তি। মর্টার ইটের গাঁথুনিতে ব্যবহৃত হয়।

$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$

চুনের জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে প্রথমে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাদা অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, যাহা পরে অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায়।

$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3$ (অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট) $+ H_2O$

$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$ (দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট)

(5) **অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া ঃ** পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও ফোটানো চুনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয় ; $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$

4.10 ব্যবহার

চুন-বালির গাঁথুনি বা প্লাস্টারের জন্য মর্টার (চুন-বালির মিশ্রণ) প্রস্তুতিতে, পজোলানা (Pozzolana) সিমেন্ট উৎপাদনে, কষ্টিক সোডা ও ব্লিচিং পাউডার উৎপাদনে, কাচ-শিল্পে, কাগজ-শিল্পে, চর্ম-শিল্পে, চুন-বালির ইট প্রস্তুতিতে, ঘরবাড়ি চুনকাম করিতে, জলের অস্থায়ী খরতা দূরীকরণে, সল্‌ভে পদ্ধতির মধ্যে অ্যামোনিয়ার পুনরুদ্ধারে, গ্যাস শোষক হিসাবে এবং আরো বহুবিধ কার্যে বিপুল পরিমাণ ফোটানো চুন ব্যবহৃত হয়।

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, $CaCl_2$

4.11 প্রস্তুতি

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফোটানো চুন, চুনাপাথর বা মার্বেল পাথরের খণ্ড দ্রবীভূত করিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিয়া সিরাপে পরিণত করিবার পর শীতল করিলে $CaCl_2, 6H_2O$-এর বর্ণহীন, উদগ্রাহী, হেক্সাগোনাল (Hexagonal) আকৃতিবিশিষ্ট কেলাস পাওয়া যায়।

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

ইহা জলে অত্যন্ত দ্রাব্য এবং দ্রবীভূত হইবার সময় তাপমাত্রা হ্রাস পায়। 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে চার অণু জল অপসারিত হইয়া সাদা সচ্ছিদ্র $CaCl_2, 2H_2O$ উৎপন্ন হয় ; $CaCl_2,6H_2O = CaCl_2,2H_2O + 4H_2O$। অ্যামোনিয়া-সোডা পদ্ধতিতে উপজাত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে প্রধানত এই $CaCl_2, 2H_2O$ রূপে পরিণত করিয়া বিক্রয় করা হয়। সচ্ছিদ্র $CaCl_2, 2H_2O$-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড 773°C তাপমাত্রায় গলিত হয় এবং গলিত অবস্থা হইতে শীতল করিলে শক্ত কেলাস গঠন করে। হাইড্রোক্লোরিক

অ্যাসিডের উপস্থিতিতে গলিত করা না হইয়া থাকিলে, প্রাপ্ত কেলাসাকার অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে, আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন অল্প ক্ষারকীয় লবণ ($CaCl_2$, CaO) থাকিয়া যায়। $CaCl_2, 2H_2O = CaCl_2 + 2H_2O$

$$2CaCl_2, 2H_2O = CaCl_2, CaO + 2HCl + 3H_2O$$

4.12 ধর্ম

অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অত্যন্ত উদগ্রাহী, বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখিয়া দিলে ইহা জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া দ্রবণে পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ার সহিত যুত যৌগ গঠন করে ; $8\,NH_3 + CaCl_2 = CaCl_2, 8\,NH_3$

ইহা যুগ্ম লবণও উৎপন্ন করিতে পারে ; $KCl + CaCl_2 = KCaCl_3$

$CaCl_2, 2H_2O$ এবং অনার্দ্র $CaCl_2$ জলে দ্রবীভূত হইবার সময় তাপ উৎপন্ন করে।

4.13 ব্যবহার

$CaCl_2, 2H_2O$-কে হিমায়ন ও হিমমিশ্রণে ব্যবহার করা হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম ও সোডিয়াম নিষ্কাশনে এবং জৈব তরলের নিরুদন কার্যে ব্যবহৃত হয়।

ক্যালসিয়াম নাইট্রেট, $Ca(NO_3)_2$

4.14 উৎস

ক্যালসিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ হিসাবে মাটির মধ্যে উপস্থিত থাকে এবং উদ্ভিদ উহাকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে।

4.15 প্রস্তুতি

সাধারণত লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে ধীরে ধীরে মার্বেলপাথর বা চুনাপাথর যোগ করিয়া প্রশমিত করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গমন বন্ধ হইয়া যাইবার পর দ্রবণকে ফিলটার করিয়া তাপপ্রয়োগে গাঢ় করা হয়। গাঢ়ীকৃত দ্রবণ শীতল হইলে সোদক ক্যালসিয়াম নাইট্রেটের $Ca(NO_3)_2, 4H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

শিল্পোৎপাদনের জন্য অস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডবাহী গ্যাসমিশ্রণকে মিল্ক অব লাইম বা জলে প্রলম্বিত মার্বেলচূর্ণের ভিতর দিয়া চালিত করা হয় ; $2Ca(OH)_2 + 4NO_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + 2H_2O$। সমস্ত চুন প্রশমিত হইয়া যাইবার পর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, তাহা ক্যালসিয়াম নাইট্রাইটকে বিয়োজিত করিয়া নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডে পরিণত করে এবং সেগুলি পরবর্তী শোষক প্রকোষ্ঠে মিল্ক অব লাইম দ্বারা অনুরূপভাবে শোষিত হয় ; $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$;

$$Ca(NO_2)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + NO + NO_2 + H_2O$$

4.16 ধর্ম

ক্যালসিয়াম নাইট্রেট বর্ণহীন উদগ্রাহী $Ca(NO_3)_2, 4H_2O$ সঙ্কেত বিশিষ্ট মনোক্লিনিক আকৃতির কেলাস উৎপন্ন করে। ইহা অ্যালকোহলে দ্রাব্য। অ্যালকোহল বা

জলীয় দ্রবণ হইতে বারংবার কেলাসিত করিয়া ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয়। অনার্দ্র লবণ (গলনাঙ্ক 561°C) অ্যামাইল অ্যালকোহলে দ্রবীভূত হয়। গলনাঙ্কের ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়;

$$2Ca(NO_3)_2 = 2CaO + 4NO_2 + O_2$$

4.17 ব্যবহার

ক্যালসিয়াম নাইট্রেট প্রধানত সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ক্যালসিয়াম, সালফেট $CaSO_4$ এবং জিপসাম, $CaSO_4, 2H_2O$

4.18 উৎস

প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম সালফেটকে জিপসাম ($CaSO_4, 2H_2O$ এবং) অ্যানহাইড্রাইট ($CaSO_4$)—এই দুই প্রকার খনিজ হিসাবে দেখিতে পাওয়া যায়।

4.19 প্রস্তুতি

পরীক্ষাগারে মিল্ক অব লাইমের সহিত মধ্যম গাঢ় (moderately concentrated) সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফেট প্রস্তুত করা হয়। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড জলে খুব বেশি দ্রাব্য নয় বলিয়া প্রলম্বিত ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড কণিকার উপর ক্যালসিয়াম সালফেটের আস্তরণ উৎপন্ন হইয়া বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইবার পথে বাধা সৃষ্টি করে; $Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$। গাঢ় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে মধ্যম লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলেও ক্যালসিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়;

$$CaCl_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HCl$$

4.20 ধর্ম

জিপসাম সাদা দুই অণু জলযুক্ত কেলাস। 120°-130°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে $1\frac{1}{2}$ অণু জল নির্গত হইয়া প্লাস্টার অব প্যারিস উৎপন্ন হয়।

$$CaSO_4, 2H_2O = \underset{\text{প্লাস্টার অব প্যারিস}}{CaSO_4, \tfrac{1}{2}H_2O} + 1\tfrac{1}{2}H_2O$$

প্লাস্টার অব প্যারিসে জল যোগ করিলে উহা দ্রুত পরিত্যক্ত দেড় অণু জল পুনরায় গ্রহণ করিয়া এবং সামান্য প্রসারিত হইয়া শক্ত জিপসামে পরিণত হয়। প্লাস্টার অব প্যারিসকে 140°C-এর ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে উহা জল ত্যাগ করিতে থাকে এবং 200°C তাপমাত্রায় উপস্থিত কেলাস জলকে দ্রুত সম্পূর্ণরূপে ত্যাগ করিয়া অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেটকে আরো বেশি উত্তপ্ত করিলে উহার দ্রুত জল গ্রহণ করিয়া জিপসামে পরিণত হইবার ক্ষমতা লোপ পায় এবং তখন ইহাকে 'dead burnt' বলা হয়। ডেড ব্রান্ট প্লাস্টার অব প্যারিস অ্যানহাইড্রাইটের ন্যায় অত্যন্ত ধীরগতিতে জলের সহিত যুক্ত হয়। 400°C-এর উপর উত্তপ্ত করিলে ইহা অল্প পরিমাণে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও সালফার ট্রাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হইয়া 'এস্ট্রিচ প্লাস্টার' (Estrich

plaster) উৎপন্ন করে। এসট্রিচ প্লাস্টার ধীরে ধীরে জমাট বাঁধে এবং মেঝে বা দেয়াল প্লাস্টারে ব্যবহৃত হয়। 960°C তাপমাত্রার উর্ধ্বে ক্যালসিয়াম সালফেট বিয়োজিত হয় ;

$$CaSO_4 = CaO + SO_3$$

সিলিকার সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে ইহা 870°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করিতে শুরু করে এবং 1280° সেন্টিগ্রেডে দ্রুতগতিতে বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন করে ; $CaSO_4 + SiO_2 = CaSiO_3 + SO_3$

লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত করে।

$$CaSO_4 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_3$$

সাধারণ উষ্ণতায় জলে প্রলম্বিত জিপসামচূর্ণের মধ্যে একই সঙ্গে অ্যামোনিয়া ও কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে উহা অধিকতর অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে :

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

ইহা অ্যামোনিয়াম সালফেট পণ্যোৎপাদনের একটি প্রধান পদ্ধতি।

4.21 ব্যবহার

অধঃক্ষিপ্ত জিপসাম কাগজ শিল্পে এবং লেখার চকপেন্সিল নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতিজাত জিপসামকে প্লাস্টার অব প্যারিস উৎপাদনে এবং অ্যানহাইড্রাইট বা জিপসামকে অ্যামোনিয়াম সালফেট সার উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

প্লাস্টার অব প্যারিস, $CaSO_4, \frac{1}{2}H_2O$

4.22 পণ্যোৎপাদন প্রণালী

বিচূর্ণিত জিপসামকে বৃহদাকার (10 – 25 টন ধারণক্ষমতার) ভস্মীকরণ কেটলিতে অবিরাম আলোড়ন সহ 120°-140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন পদার্থ আমাদের পরিচিত সাধারণ প্লাস্টার অব প্যারিস ; $CaSO_4, \frac{1}{2}H_2O$, যাহাকে উৎপাদকরা 'ফার্স্ট সেটেল প্লাস্টার' (First settle plaster) বলে। ফার্স্ট সেটেল প্লাস্টারকে সরাসরি বিক্রয় করা হয় অথবা উহাকে 190°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া 'সেকেণ্ড সেটেল প্লাস্টার' (Second settle plaster) পরিণত করা হয়। 'সেকেণ্ড সেটেল প্লাস্টার' অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেট, কিন্তু তখনো তাহা জমাট বাঁধার অযোগ্য 'মৃতদগ্ধ' (Dead burnt) হইয়া যায় নাই। জিপসামকে ঘূর্ণায়মান চুল্লীতেও প্লাস্টার অব প্যারিসে পরিণত করা যায়।

ব্যবহার : ফার্স্ট সেটেল প্লাস্টারকে সরাসরি ভাঙা হাড়ের ব্যাণ্ডেজ প্লাস্টার করিতে অথবা অন্যান্য কাজে ব্যবহার করা যায়। অনেক সময় ইহাকে কাঠ, কাগজ, অ্যাসবেস্টস চূর্ণ অথবা সূক্ষ্ম বালি মিশ্রিত করিয়া 'জিপসাম প্লাস্টার' হিসাবে দেয়াল মেরামত বা প্লাস্টার করিতে অথবা ছাঁচ, মডেল বা মূর্তি নির্মাণ করিতে ব্যবহার করা হয়। সেকেণ্ড সেটেল প্লাস্টারের প্রধান ব্যবহার প্লাস্টার বোর্ড এবং অনুরূপ জিপসামজাত সামগ্রী উৎপাদনে।

4.23 প্লাস্টার অব প্যারিসের জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া

এই প্রক্রিয়া মূলত জল সংযোগের বিক্রিয়া ; $CaSO_4, \frac{1}{2}H_2O + 1\frac{1}{2}H_2O = CaSO_4, 2H_2O$। বিক্রিয়াটি প্লাস্টার অব প্যারিস প্রস্তুতি বিক্রিয়ার বিপরীত। জল সংযোগ বিক্রিয়ার ফলে প্লাস্টার অব প্যারিস সামান্য প্রসারিত হইয়া কঠিন সোদক কেলাসে পরিণত হয়। প্লাস্টার অব প্যারিসে জলযোগ করিয়া লেই প্রস্তুত করিলে, সেই লেই এত দ্রুত জমাট বাঁধিয়া যায় যে, অধিকাংশ সময়ে ব্যবহৃত জলে কিঞ্চিত শিরীষের আঠা বা গ্লু (Glue) ইত্যাদি যোগ করিয়া জমাট বাঁধার সময় বিলম্বিত করা হয়।

ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$

4.24 উৎস

ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে দুই প্রকার কেলাস হিসাবে পাওয়া যায় : হেক্সাগোনাল ক্যালসাইট (আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·71) এবং রম্বিক অ্যারাগোনাইট (আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·93)। মার্বেল পাথর, চুনাপাথর, চকপাথর ইত্যাদি ক্যালসাইট কেলাস। আইসল্যাণ্ড স্পারের বর্ণহীন কেলাস বিশুদ্ধ ক্যালসাইটে গঠিত। সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় ক্যালসাইট সুস্থিত। 400°C তাপমাত্রার উর্ধ্বে ইহা অ্যারাগোনাইট কেলাসরূপে পরিবর্তিত হয়।

4.25 প্রস্তুতি

দ্রাব্য ক্যালসিয়াম লবণের দ্রবণে সোডিয়াম, পটাসিয়াম বা অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ যোগ করিলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় ;

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = 2NaCl + CaCO_3$$

জলে প্রলম্বিত জিপসামচূর্ণের মধ্যে একই সঙ্গে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেটের পণ্যোৎপাদন পদ্ধতিতে প্রচুর পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেট উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায় ;

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

4.26 ধর্ম

জলে অদ্রাব্য কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেটে পরিণত হয় ; $CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$

তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে প্রচুর বুদ্বুদ সহ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় ; $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$

সোডিয়াম সালফেট ও কোকচুর্ণ মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায় (লেব্লাঙ্ক পদ্ধতি) ;

$$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2 \; ; \; Na_2S + CaCO_3 = CaS + Na_2CO_3$$

4.27 ব্যবহার

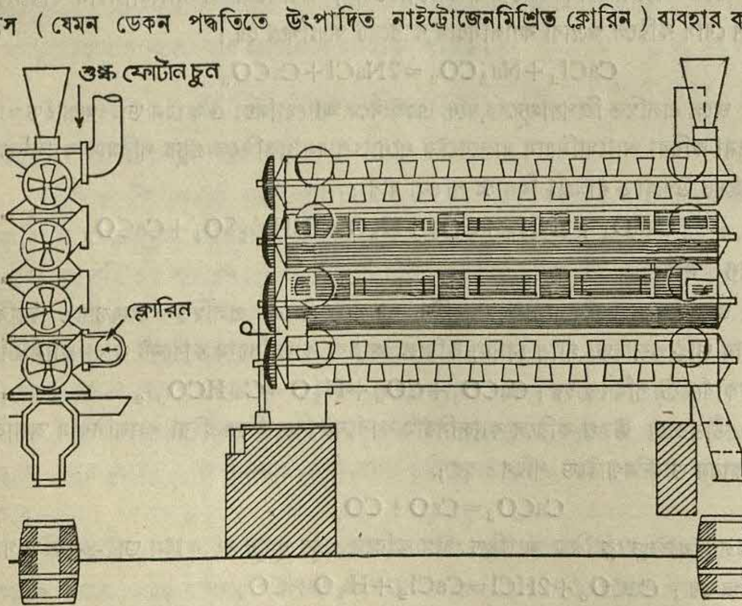
পাথুরে চুন, সিমেন্ট, কাচ, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সোডিয়াম কার্বনেট ইত্যাদির পণ্যোৎপাদনে, ধাতুবিত্তায় বিগালক হিসাবে, মার্বেল পাথরের সৌধ, প্রাসাদ, বাসনপত্র প্রস্তুতিতে, হোয়াইটিং নামে পরিচিত চূর্ণাকারে, চুনকাম করার জন্য, রবার ও প্লাষ্টিক শিল্পে এবং দাঁতের মাজন প্রস্তুতিতে বিপুল পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেট ব্যবহার করা হয়।

ব্লিচিং পাউডার, Ca(OCl)Cl

4.28 পণ্যোৎপাদন পদ্ধতি

(1) **পুরাতন পদ্ধতি :** একটি প্রকোষ্ঠের মেঝেতে কয়েক ইঞ্চি পুরু শুষ্ক ফোটানো চুনের আস্তরণের উপর কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মুক্ত ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয়। প্রকোষ্ঠের তাপমাত্রা 40° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে উঠিতে দেওয়া হয় না এবং কাঠের আলোড়কের সাহায্যে শুষ্ক ফোটানো চুনকে মধ্যে মধ্যে আলোড়িত করা হয়। 12 হইতে 24 ঘণ্টা পরে বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় এবং মেঝের উপর অল্প শুষ্ক ফোটানো চুন চূর্ণ ছড়াইয়া অতিরিক্ত ক্লোরিন শোষিত করার পর ব্লিচিং পাউডার বাহির করা হয়। ওয়েলডন বা তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত ক্লোরিনকে এই পদ্ধতিতে ব্লিচিং পাউডার উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

(2) **হেজেন ক্লেভার (Hasen Clever) পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে লঘু ক্লোরিন গ্যাস (যেমন ডেকন পদ্ধতিতে উৎপাদিত নাইট্রোজেনমিশ্রিত ক্লোরিন) ব্যবহার করা



চিত্র 4.3 হেজেন ক্লেভার পদ্ধতিতে ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতি

যায়। লঘু ক্লোরিন গ্যাস ব্যবহৃত হয় বলিয়া ক্লোরিন ও শুষ্ক ফোটানো চুনের মধ্যে নিবিড় সংস্পর্শের ব্যবস্থা করা প্রয়োজন। এজন্য এই পদ্ধতিতে কতগুলি কাস্ট আয়রন নির্মিত

সিলিণ্ডারকে আনুভূমিকভাবে একটির উপর আরেকটি করিয়া স্থাপন করা হয়। সিলিণ্ডার-গুলি এমনভাবে পরস্পরসংযুক্ত এবং আর্কিমেডিসীয় স্ক্রু-সদৃশ আলোড়ক সমন্বিত যে আলোড়কগুলির আন্দোলনের ফলে শুষ্ক ফোটানো চুন চূর্ণ উপর হইতে নিচ পর্যন্ত সব সিলিণ্ডারগুলির পূর্ণ দৈর্ঘ্য অতিক্রম করিবার পর নিচে পৌঁছায় এবং Cl_2 গ্যাস নিচ হইতে উপরে উঠে। শুষ্ক ফোটানো চুন চূর্ণ সবচেয়ে উপরের সিলিণ্ডারে এবং ক্লোরিন গ্যাস সবচেয়ে নিচের সিলিণ্ডারে প্রবেশ করানো হয়। উৎপন্ন ব্লিচিং পাউডার স্বয়ংক্রিয়ভাবে নিম্নে রক্ষিত কাঠের পিপায় সংগৃহীত হয়। এই পদ্ধতিতেও তাপমাত্রা রাখা হয় 40° সেন্টিগ্রেডের নিচে।

(3) **আধুনিক পদ্ধতি:** ব্লিচিং পাউডার উৎপাদনের আধুনিক পদ্ধতিতে ঘূর্ণায়মান ইস্পাত নির্মিত সিলিণ্ডার ব্যবহৃত হয়। উপর হইতে ঢুকানো শুষ্ক ফোটানো চুনচূর্ণ 40°C তাপমাত্রার নিচে, নিম্ন হইতে ঢুকানো ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে আসে। ঘূর্ণায়মান সিলিণ্ডারের মধ্যে স্থাপিত উত্তোলক ব্লেডের ক্রিয়ায় চুনচূর্ণ অবিরাম ক্লোরিন স্রোতের মধ্যে প্রক্ষিপ্ত হইয়া ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শ ঘটায়।

বিক্রিয়া $Ca(OH)_2+Cl_2=Ca(OCl)Cl+H_2O$

4.29 ধর্ম

ইহা ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। উন্মুক্ত অবস্থায় রাখিয়া দিলে ইহা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে; $2Ca(OCl)Cl+CO_2+H_2O=CaCl_2+CaCO_3+2HClO$।

এতদ্ব্যতীত ইহার ধীর বিয়োজনের ফলে অক্সিজেনও নির্গত হয়;

$$2Ca(OCl)Cl=2CaCl_2+O_2$$

জলে দ্রবীভূত হইলে ব্লিচিং পাউডার হইতে ক্যালসিয়াম, ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট আয়ন উৎপন্ন হয়; $Ca(OCl)Cl \rightleftharpoons Ca^{++}+Cl^-+ClO^-$। হাইপোক্লোরাইট আয়ন বিয়োজিত হইয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং ইহাই ব্লিচিং পাউডারের জারণ ও বিরঞ্জন ধর্মের কারণ; $ClO^- \rightarrow Cl^-+[O]$।

ব্লিচিং পাউডারে লঘু অ্যাসিড যোগ করিলে ক্লোরিন নির্গত হয়;

$$Ca(OCl)Cl+2HCl=CaCl_2+H_2O+Cl_2$$
$$Ca(OC)lCl+H_2SO_4=CaSO_4+H_2O+Cl_2$$

কোন ব্লিচিং পাউডারের নমুনার সক্রিয়তাকে, উহা হইতে উৎপন্ন ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণের দ্বারা প্রকাশ করা হয়। উল্লিখিত নমুনার 100 গ্রাম, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যত গ্রাম ক্লোরিন নির্গত করে, তাহাই ইহার সক্রিয়তা। ব্লিচিং পাউডারের উৎকৃষ্ট নমুনার মধ্যে প্রাপ্ত ক্লোরিনের শতকরা হার সাধারণত 35% (অর্থাৎ 100 গ্রাম ব্লিচিং পাউডার হইতে 35 গ্রাম ক্লোরিন পাওয়া যায়)। ইহা শক্তিশালী জারক দ্রব্য। ইহা গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ হইতে নাইট্রোজেন এবং অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে;

$$3Ca(OCl)Cl + 2NH_4OH = 3CaCl_2 + 5H_2O + N_2$$
$$Ca(OCl)Cl + 2KI + 2HCl = CaCl_2 + 2KCl + H_2O + I_2$$

4.30 ব্যবহার

কাগজ, সূতা, সূতীবস্ত্র বিরঞ্জনে ; জীবাণুনাশক হিসাবে পয়ঃপ্রণালী, গৃহস্থালী, হাসপাতাল জীবাণুমুক্ত করিতে এবং ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি জৈব পদার্থ উৎপাদনে ব্লিচিং পাউডার ব্যবহৃত হয়।

4.31 সুপার ফসফেট অব লাইম

ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট (মনোক্যালসিয়াম ফসফেট নামেও পরিচিত) $Ca(H_2PO_4)_2$ ও ক্যালসিয়াম সালফেটের মিশ্রণ সুপার ফসফেট অব লাইম নামে পরিচিত। চূর্ণিত ফস্‌ফোরাইট আকরিকের সহিত উহার প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ ওজন 70% সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহাকে প্রস্তুত করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 + 4H_2O = Ca\,H_2PO_4)_2 + 2(CaSO_4,\ 2H_2O)$$
[জিপসাম]

বাস্তবে আকরিকে উপস্থিত $CaCO_3$, Fe_2O_3, Al_2O_3, CaF_2 ইত্যাদি অশুদ্ধির জন্য সমীকরণের হিসাব অপেক্ষা অধিক পরিমাণ H_2SO_4 ব্যয়িত হয়। সাধারণত বিক্রিয়াটিকে লেড আচ্ছাদিত কাস্ট আয়রন পাত্রে যান্ত্রিক আলোড়কের সাহায্যে সম্পাদন করা হয় (ডেন পদ্ধতি)। 2—3 মিনিট পরে সিরাপসদৃশ মিশ্রণটিকে কংক্রিট বা ইট-নির্মিত 'ডেনে' স্থানান্তরিত করিয়া প্রায় 100°C উষ্ণতায় 6—24 ঘণ্টা রাখা হয়। এই সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প, ফ্লোরিন যৌগ ইত্যাদি নির্গত হয় এবং শেষ পর্যন্ত মোটামুটি শুষ্ক ও সচ্ছিদ্র পদার্থ পাওয়া যায়। উৎপন্ন সুপারফসফেট অব লাইমকে 4—16 সপ্তাহ মজুত করিয়া রাখিয়া ব্যবহারোপযোগী করিবার পর বিক্রয় করা হয়। ইহার মধ্যে 16—20% P_2O_5 থাকে।

4.32 ব্যবহার

সুপারফসফেট অবলাইমকে সার হিসাবে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

4.33 ট্রিপল সুপারফসফেট (Triple superphosphate)

ইহা সাধারণ সুপারফসফেট অব লাইম অপেক্ষা প্রায় 3 গুণ বেশি গাঢ় সার। ইহার মধ্যে প্রায় 45—50% P_2O_5 থাকে। চূর্ণিত ফস্‌ফোরাইট আকরিককে ফসফোরিক অ্যাসিড দ্বারা নিষিক্ত করিলে ট্রিপল সুপারফসফেট পাওয়া যায়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3Ca\,(H_2PO_4)_2$$

ট্রিপল সুপারফসফেটে ক্যালসিয়াম সালফেট উপস্থিত থাকে না বলিয়া ইহা সাধারণ সুপারফসফেট অব লাইম অপেক্ষা প্রায় 3 গুণ অধিক কার্যকর।

4.34 ব্যবহার

সাধারণ সুপারফসফেট অব লাইমের মত ইহাকেও সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

4.35 ক্যালসিয়াম কার্বাইড, CaC_2

অগ্নিসহ ইটনির্মিত, গ্যাসকার্বন আচ্ছাদনযুক্ত এবং কতগুলি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত তড়িৎ-চুল্লীতে চুন ও কোক কয়লার 3 : 2 ওজন অনুপাতে মিশ্রণ লইয়া 2000°C-এর অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রস্তুত করা হয়। প্রতি প্রকোষ্ঠের তলদেশে একটি করিয়া গ্রাফাইট প্লেট রক্ষিত থাকে যাহারা একদিকের তড়িৎপ্রান্তের কাজ করে। অপর দিকের তড়িৎপ্রান্ত হিসাবে প্রকোষ্ঠগুলির মধ্যে একটি করিয়া পুরু গ্রাফাইট দণ্ড ঝুলাইয়া রাখা হয়। গ্রাফাইট দণ্ড ও গ্রাফাইট প্লেটের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহের ফলে যে তড়িৎ-শিখার (arc) উৎপত্তি হয় তাহাই প্রয়োজনীয় উষ্ণতা সৃষ্টি করে।

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO \uparrow$$

বিক্রিয়ার ফলে ঝুলন্ত গ্রাফাইট দণ্ড ক্রমশ ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকিলে উহাদিগকে ক্রমশ নিচে নামানো হয়। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গলিত ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে বাহিরে লইয়া আসিয়া শীতল করিলে, উহা কঠিনে পরিণত হয় এবং অতঃপর উহাকে ভাঙিয়া ড্রামে ভরা হয়।

4.36 ধর্ম

বাণিজ্যিক ক্যালসিয়াম কার্বাইড মলিন শ্বেতবর্ণ দুর্গন্ধযুক্ত কঠিন পদার্থ। ইহা সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন এবং 1100°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সায়নামাইড উৎপন্ন করে;

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2\ ;\quad CaC_2 + N_2 \overset{1100^\circ C}{=} CaNCN + C$$

4.37 ব্যবহার

অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতিতে, ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও নাইট্রোলিম (ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও কার্বনের বাণিজ্যিক মিশ্রণ) প্রস্তুতিতে, কৃত্রিম উপায়ে ফল পাকাইতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সিমেন্ট (Cement)

সিমেন্ট বলিতে এমন পদার্থ বুঝায়, যাহা জলের নিচে জমিয়া শক্ত হইতে পারে। সাধারণ চুন বালি দ্বারা প্রস্তুত মর্টার বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জমাট বাঁধে; উহার মধ্যে উপস্থিত চুন বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের ক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। কিন্তু সিমেন্ট বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাডের উপস্থিতি ব্যতীতই প্রধানত জলের অণু গ্রহণ করিয়া জমাট বাঁধে। প্রাচীনকালে মিশরীয়, গ্রীক এবং রোমানরা আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতজাত শিলার সহিত ফোটানো চুন মিশ্রিত করিয়া এক প্রকার প্রাকৃতিক সিমেন্ট প্রস্তুত করিত। ইটালির পাজোলিতে এই প্রকার শিলা প্রথম পাওয়া যায় বলিয়া, ঐ শিলার সাহায্যে প্রস্তুত প্রাকৃতিক সিমেন্টকে 'পজোলনা' (Pozzuolana) বা 'পাজোলনা' (Puzzuolana) সিমেন্ট বলা হয়।

4.38 পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্ট (Portland cement)

আধুনিক যুগে প্রাকৃতিক সিমেন্ট অপেক্ষা অনেক বেশি দ্রুত জমাট বাঁধে এবং অনেক বেশি শক্তিশালী এক প্রকার সিমেন্ট মানুষ রাসায়নিক উপায়ে প্রস্তুত করিয়াছে। এই সিমেন্ট 'পোর্টল্যাণ্ড' সিমেন্ট নামে পরিচিত। এইরূপ নামকরণের কারণ এই যে, 1824 খ্রীস্টাব্দে যোসেফ আস্পডিন নামে একজন ইংরাজ রাজমিস্ত্রী বালুকামিশ্রিত চুনাপাথর পোড়াইয়া যখন প্রথম এইপ্রকার সিমেন্ট প্রস্তুত করিয়াছিলেন, তখন ঐ সিমেন্টজাত সামগ্রীগুলিকে পোর্টলাণ্ডে প্রাপ্ত গৃহনির্মাণকার্যে ব্যবহৃত প্রস্তরের সদৃশ বলিয়া তাঁহার মনে হইয়াছিল।

পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্টের প্রধান উপাদানগুলি নিম্নরূপ :

নাম	রাসায়নিক সঙ্কেত
ডাইক্যালসিয়াম সিলিকেট	$(CaO)_2, SiO_2$
ট্রাইক্যালসিয়াম সিলিকেট	$(CaO)_3, SiO_2$
ট্রাইক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট	$(CaO)_3, Al_2O_3$
টেট্রাক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইট	$(CaO)_4, Al_2O_3, Fe_2O_3$

তবে পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্ট হিসাবে পরিগণিত হইতে হইলে উপরি-উক্ত উপাদানগুলিকে একটি নির্দিষ্ট সম্পর্কে উপস্থিত থাকিতে হয়।

$$\left[\frac{CaO}{2{\cdot}8\ SiO_2+1{\cdot}2Al_2O_3+0{\cdot}65\ Fe_2O_3}=0{\cdot}66 \text{ হইতে } 1{\cdot}02\right]$$

সাধারণভাবে বলা যায়, পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্টে ক্ষারকীয় অংশ ও আম্লিক অংশের অনুপাত

$$2:1, \text{ অর্থাৎ } \frac{\%\ CaO}{\%SiO_2+\%Al_2O_3+\%Fe_2O_3}=2$$

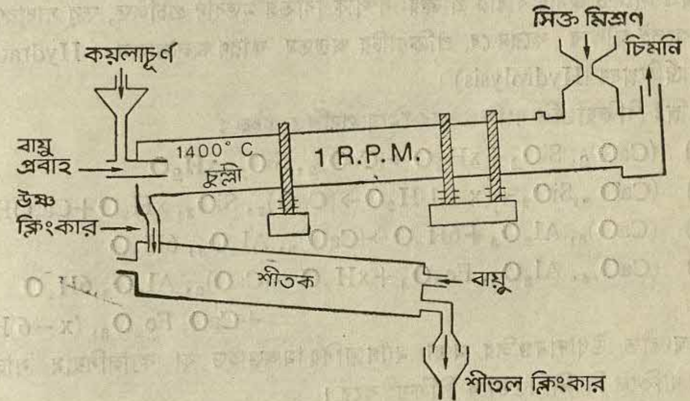
$$\text{এবং } \frac{\%SiO_2}{\%Al_2O_3}=2{\cdot}5 \text{ হইতে } 4$$

পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্টের মধ্যে কয়েকটি উপশ্রেণী আছে। সাধারণ (Regular) পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্টে মধ্যম পরিমাণ ক্যালসিয়াম অক্সাইড থাকে। উচ্চ প্রাথমিক শক্তি-সম্পন্ন (High early strength) পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্টে ট্রাইক্যালসিয়াম সিলিকেটের পরিমাণ বেশি। নিম্নতাপ (Low heat) পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্টে আবার ডাইক্যালসিয়াম সিলিকেট ও টেট্রাক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইটের অনুপাত বেশি। টেট্রাক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইটের অনুপাত বৃদ্ধি করিলে সিমেন্টের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বাধা দেওয়ার ক্ষমতাও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

4.39 পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্টের পণ্যোৎপাদন

সঠিক অনুপাতের বালিজাতীয় (Argillaceous) পদার্থ এবং চুনজাতীয় (Calcareous) পদার্থের মিশ্রণকে গালাইয়া পাথরে পরিণত করার পর বিচূর্ণিত করিলে সিমেন্ট উৎপন্ন হয়। সিমেন্টশিলা নামে পরিচিত বালিযুক্ত চুনাপাথর, বেলেমাটি, চুনামাটি, চুনাপাথর উপজাত ক্যালসিয়াম কার্বনেট ইত্যাদি কাঁচামালকে

এই উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয়। সিমেন্ট উৎপাদনকে, কাঁচামাল মিশ্রণপ্রণালীর এবং সেই মিশ্রণকে চুল্লীতে অনুপ্রবিষ্ট করার প্রণালীর ভিত্তিতে (1) শুষ্ক পদ্ধতি এবং (2) সিক্ত পদ্ধতি—এই দুই শাখায় বিভক্ত করা হইয়াছে। শুষ্ক পদ্ধতিতে কাঁচামাল উত্তমরূপে মিশ্রিত করা কষ্টসাধ্য। এই পদ্ধতিতে প্রাকৃতিক সিমেন্ট শিলা, চুনাপাথর ও শেল বা শ্লেট মিশ্রণ কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হইলে ইহা অধিক সুবিধাজনক হয়। এই পদ্ধতিতে কাঁচামালকে প্রথমে



চিত্র 4.4 সিক্ত পদ্ধতিতে সিমেন্ট উৎপাদন

পেষণযন্ত্রের সাহায্যে ভগ্ন করিয়া চূর্ণনযন্ত্রের সাহায্যে বিচূর্ণে পরিণত করা হয়। অতঃপর চূর্ণকে শুষ্ক করার পর 'টিউব মিলে' সূক্ষ্মতর চূর্ণে পরিণত করিয়া ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে প্রেরণ করা হয়। সিক্ত পদ্ধতিতে কাঁচামালকে শুষ্ক অবস্থায় পেষণ যন্ত্রে ভগ্ন করার পর জল মিশ্রিত করিয়া সিক্ত অবস্থায় 'বল মিল' বা 'টিউব মিলে' বিচূর্ণিত করা হয়। উৎপন্ন পঙ্কের (slurry) সংযুক্তিকে প্রয়োজনীয় মানে লইয়া আসিবার পর ছাঁকিয়া ঐ পঙ্ককে গাঢ় অবস্থায় ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে প্রেরণ করা হয়। চুল্লীটি আনুভূমিকর তলের সহিত সামান্য নতভাবে স্থাপিত (প্রতি ফুটে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি-$\frac{3}{4}$ ইঞ্চি)। উপরের প্রান্তে সিক্ত কাঁচামালের পঙ্ক এবং নিচের প্রান্তে প্রজলিত কয়লাচূর্ণের সহিত উত্তপ্ত বায়ু প্রবেশ করে। কয়লাচূর্ণের প্রজলনের ফলে চুল্লীর নিম্নাংশে প্রায় 1400°C তাপমাত্রা উৎপন্ন হয়। চুল্লীর উপরাংশে অনুপ্রবিষ্ট কাঁচামাল মিশ্রণ ধীরে ধীরে, প্রায় দুই হইতে তিন ঘণ্টায়, চুল্লীর নিম্নাংশে উপনীত হয়। উত্তাপের ফলে (900°C-এর ঊর্ধ্বে) ক্যালসিয়াম কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অক্সাইড অতঃপর (900°-1200°C) মিশ্রণে উপস্থিত সিলিকা ও অন্যান্য উপাদানের সহিত যুক্ত হয় ; $CaCO_3 = CaO + CO_2$; $2CaO + SiO_2 = (CaO)_2 SiO_2$; $3CaO + SiO_2 = (CaO)_3, SiO_2$; $3CaO + Al_2O_3 = (CaO)_3, Al_2O_3$ $4CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3 = (CaO)_4, Al_2O_3, Fe_2O_3$; এবং (1250°-1280°C) গলিত হইতে শুরু করে। গলিত অংশ অগলিত অংশকে একত্রিত করিয়া $\frac{1}{8}$ হইতে $\frac{3}{4}$ ইঞ্চি মাপের প্রস্তরপিণ্ডে (কঙ্করে) বা ক্লিংকারে (Clinker) পরিণত করে। সিমেন্ট ক্লিংকার উত্তপ্ত অবস্থায় ঘূর্ণায়মান চুল্লী হইতে বাহির হইয়া নিম্নে রক্ষিত ঘূর্ণায়মান

শীতকে শীতল বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে শীতল হয়। শীতলীকরণে ব্যবহৃত বায়ু একই সঙ্গে উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং উহাকে কয়লাচূর্ণ দহনে ব্যবহার করা হয়। শীতল ক্লিংকারকে অতঃপর 'টিউব মিলে' বিচূর্ণিত করিয়া বস্তায় ভরা হয়।

4.40 সিমেণ্ট জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া (Setting of Cement)

যদিও সিমেণ্ট জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া সম্পর্কে বিভিন্ন মতবাদ প্রচলিত, তবু সাধারণভাবে প্রায় সকলেই স্বীকার করেন যে, প্রক্রিয়াটির অন্যতম কারণ জলযোজন (Hydration) এবং আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis)।

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াগুলি সংক্ষিপ্তভাবে নিম্নে প্রদর্শিত হইল :

(1) $(CaO)_2, SiO_2 + xH_2O \rightarrow (CaO)_2, SiO_2, xH_2O$

(2) $(CaO)_3, SiO_2 + (x+1)H_2O \rightarrow (CaO)_2, SiO_2, xH_2O + Ca(OH)_2$

(3) $(CaO)_3, Al_2O_3 + 6H_2O \rightarrow (CaO)_3, Al_2O_3, 6H_2O$

(4) $(CaO)_4, Al_2O_3, Fe_2O_3 + xH_2O \rightarrow (CaO)_3, Al_2O_3, 6H_2O + CaO, Fe_2O_3, (x-6)H_2O$

এতদ্ব্যতীত উপাদানগুলির মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড বা ক্যালসিয়াম সালফেট উপস্থিত থাকিলে নিম্নলিখিতভাবে বিক্রিয়া করে।

(5) $MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$

(6) $(CaO)_3, Al_2O_3 + 3(CaSO_4, 2H_2O) + 25H_2O \rightarrow (CaO)_3, Al_2O_3, 3CaSO_4, 31H_2O$

সিমেণ্টের বিভিন্ন উপাদানগুলি জমাট বাঁধার সময় এবং দৃঢ়তা বিভিন্ন। জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া সম্পূর্ণ হইবার পর দৃঢ়তার বিচারে—

$(CaO)_2, SiO_2 > (CaO)_3, SiO_2 > (CaO)_4, Al_2O_3, Fe_2O_3 > (CaO)_3, Al_2O_3$। উপাদানগুলির মধ্যে $(CaO)_3, Al_2O_3$ তাৎক্ষণিক জমাট বাঁধার জন্য $(CaO)_3, SiO_2$ প্রারম্ভিক (7 বা 8 দিনে) দৃঢ়তার জন্য এবং $(CaO)_2, SiO_2$ ও $(CaO)_3, SiO_2$ চূড়ান্ত (1 বছর পরের) দৃঢ়তার জন্য দায়ী।

4.41 ক্যালসিয়াম যৌগের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

শুষ্ক পরীক্ষা : (1) ক্যালসিয়াম যৌগে একবিন্দু কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিয়া চারকোল ব্লকের উপর জারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে ছাই রঙের অবশেষ উৎপন্ন হয়। (2) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত প্লাটিনাম তার দ্বারা ক্যালসিয়াম যৌগ স্পর্শ করিয়া তারটিকে বুনসেন দীপের দীপ্তিহীন শিখায় উত্তপ্ত করিলে ইটের ন্যায় লাল ক্ষণস্থায়ী শিখা উৎপন্ন হয়।

সিক্ত পরীক্ষা : (1) ক্যালসিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রিত করিয়া অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষেপকে

অ্যাসিটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম অক্সালেটের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$CaCl_2+(NH_4)_2CO_3=CaCO_3\downarrow+2NH_4Cl\ ;$$
$$CaCO_3+2CH_3COOH=(CH_3COO)_2Ca+H_2O+CO_2\ ;$$
$$(CH_3COO)_2Ca+(NH_4)_2C_2O_4=CaC_2O_4\downarrow+2CH_3COONH_4$$

সার-সংক্ষেপ

ক্যালসিয়াম, Ca

ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন : গলিত CaCl ও CaF_2-এর 6 : 1 অনুপাতের মিশ্রণকে 700°C তাপমাত্রায় আয়রন ক্যাথোড ও গ্রাফাইট অ্যানোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া Ca ধাতু উৎপাদন করা হয়।

বিক্রিয়া : $CaCl_2\rightleftharpoons Ca^{++}+2Cl^-$

ক্যাথোডে $Ca^{++}+2e\rightarrow Ca$; অ্যানোডে $2Cl^-\rightarrow Cl_2+2e$

ক্যালসিয়ামের ধর্ম : ইহা রজতশুভ্র, নমনীয়, আ. গু. 1·55, গলনাঙ্ক 851°C।

রাসায়নিক বিক্রিয়া : $2Ca+O_2=2CaO$; $3Ca+N_2\overset{\triangle}{=}Ca_3N_2$;

$Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$; $Ca+Cl_2\overset{\triangle}{=}CaCl_2$ ।

$Ca+H_2\overset{\triangle}{=}CaH_2$; $Ca+S\overset{\triangle}{=}CaS$; $BeO+Ca\overset{\triangle}{=}Be+CaO$;

$5Ca+2CO_2\overset{\triangle}{=}4CaO+CaC_2$; $2NaCl+Ca\overset{\triangle}{=}CaCl_2+2Na$;

$2Ca+2NH_3\overset{\triangle}{=}Ca\ (NH_2)_2+CaH_2$

ব্যবহার : সংকর ধাতু প্রস্তুতিতে, Pb হইতে Bi দূরীভূত করিতে ; Cu বা Fe হইতে O_2 দূরীভূত করিতে ; আংশিক বায়ুশূন্যস্থান হইতে O_2 ও N_2 দূরীভূত করিতে ; পেট্রোলিয়াম হইতে S দূরীভূত করিতে ; Be, Th, Cr, V ইত্যাদি ধাতুর অক্সাইড বিজারিত করিয়া ধাতুকে মুক্ত করিতে ক্যালসিয়াম ব্যবহার করা হয়।

ক্যালসিয়াম অক্সাইড, পাথুরে চুন বা পোড়া চুন, (quicklime), CaO

প্রস্তুতি : মার্বেল, চুনাপাথর, খড়িমাটি ইত্যাদি প্রকৃতিজাত ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে চুনচুল্লী বা চুনের ভাঁটিতে, কয়লার দহনজাত উত্তাপের সাহায্যে প্রায় 1000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া পাথুরে চুন বা ক্যালসিয়াম অক্সাইড শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$CaCO_3\overset{1000^\circ C}{=}CaO+CO_2$$

ধর্ম ঃ ভৌত—উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত CaO সাদা অনিয়তাকার পদার্থ, আ. গু. 3·3, গলনাঙ্ক 2570°C।

রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ $2CaO + 2Cl_2 \xrightarrow{>300°C} 2CaCl_2 + O_2$

$4CaO + 4S \overset{\Delta}{=} 3CaS + CaSO_4$; $CaO + SiO_2 \overset{\Delta}{=} CaSiO_3$;

$4CaO + P_2O_5 \overset{\Delta}{=} Ca_3(PO_4)_2, CaO$; $CaO + 3C \xrightarrow{>2000°C} CaC_2 + CO$;

$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$; $2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + 2NH_3 + H_2O$ ।

ব্যবহার ঃ ফোটানো চুন প্রস্তুতিতে এবং ফোটানোচুনে পরিণত করিয়া NaOH ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ; NH_3 এর নিরুদক ও CO_2-এর শোষক হিসাবে ; চুনের আলো উৎপন্ন করিতে ; সিমেন্ট প্রস্তুতিতে ; CaC_2 উৎপাদনে।

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, ফোটানো চুন (Slaked lime), $Ca(OH)_2$

প্রস্তুতি ঃ পোড়া চুনের সহিত অল্প অল্প জল মিশাইতে থাকিলে প্রচুর তাপমোচন ও হিস্ হিস শব্দসহ অনিয়তাকার ফোটানো চুনের চূর্ণ উৎপন্ন হয়। $CaO + H_2O = Ca(OH)_2 +$ উত্তাপ। অল্পদ্রাব্য ফোটানো চুনের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণকে 'চুনের জল' এবং অল্প জল দ্বারা প্রস্তুত প্রলম্বনকে চুনগোলা বা মিল্ক অব লাইম বলে।

ধর্ম ঃ জলে স্বল্পদ্রাব্য, সাদা অনিয়তাকার পদার্থ। জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত সম্পূর্ণ অংশ আয়নিত হইয়া OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{++} + 2OH^-$; $Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 \xrightarrow{>450°C} CaO + H_2O$; $Cl_2 + \underset{\text{শুষ্ক}}{Ca(OH)_2} \xrightarrow{40°C} \underset{\text{ব্লিচিং পাউডার}}{Ca(OCl)Cl} + H_2O$

$2Cl_2 + \underset{\text{শীতলচুনের জল}}{2Ca(OH)_2} = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$

$6Cl_2 + \underset{\text{মিল্ক অব লাইম}}{6Ca(OH)_2} = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$

$Ca(OH)_2$ (চুনের জল) $+ CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$

$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$ (দ্রাব্য)

$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$

ব্যবহার ঃ চুন-বালির গাঁথুনিতে, পজোলানা সিমেন্ট উৎপাদনে, কষ্টিক সোডা ও ব্লিচিং পাউডার উৎপাদনে, কাচশিল্পে, কাগজশিল্পে, চর্মশিল্প, ঘরবাড়ি প্রস্তুত এবং চুনকাম করিতে।

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, $CaCl_2$

প্রস্তুতি ঃ লঘু HCl-তে ফোটানো চুন, চুনাপাথর বা মার্বেল পাথরের খণ্ড দ্রবীভূত করিয়া বাষ্পীভূত করিলে $CaCl_2, 2H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়। $CaCl_2, 6H_2O$-কে

200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে $CaCl_2$, 2H O এবং তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র $CaCl_2$ উৎপন্ন হয়।

ধর্ম : ইহা জলে অত্যন্ত দ্রাব্য উদগ্রাহী কেলাসাকার পদার্থ। ইহা যুতযৌগ ও যুতলবণ উৎপন্ন করিতে পারে।

$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2, 8NH_3 \; ; \; KCl + CaCl_2 = KCaCl_3$$

ব্যবহার : $CaCl_2, 2H_2O$-কে হিমায়ন ও হিমমিশ্রণে এবং অনার্দ্র $CaCl_2$-কে Ca নিষ্কাশনে ও জৈব তরলের নিরুদনে ব্যবহার করা হয়।

ক্যালসিয়াম নাইট্রেট, $Ca(NO_3)_2$

প্রস্তুতি : লঘু HNO_3-তে মার্বেল বা চুনাপাথর দ্রবীভূত করিয়া বাষ্পীভূত করিলে $Ca(NO_3)_2, 4H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম : $Ca(NO_3)_2, 4H_2O$ বর্ণহীন উদগ্রাহী কেলাসাকার। জল ও অ্যালকোহলে দ্রাব্য। $2Ca(NO_3)_2 \overset{\triangle}{=} 2CaO + 2NO_2 + O_2$

ব্যবহার : ইহাকে প্রধানত সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

ক্যালসিয়াম সালফেট, $CaSO_4$

উৎস : প্রকৃতিতে জিপসাম $CaSO_4, 2H_2O$ এবং অ্যানহাইড্রাইট $CaSO_4$ হিসাবে।

ধর্ম : জিপসাম 125°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা **প্লাস্টার অব প্যারিসে** $CaSO_4, \frac{1}{2}H_2O$ রূপান্তরিত হয়, কিন্তু 200°C-এর উর্ধ্বে সম্পূর্ণ অনার্দ্র $CaSO_4$ পাওয়া যায়। প্লাস্টার অব প্যারিস দ্রুত $1\frac{1}{2}$ অণু জল গ্রহণ করিয়া জমাট বাঁধে ও জিপসামে পরিণত হয়। কিন্তু 200°C-এর উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিয়া প্রাপ্ত ডেড বার্নট প্লাস্টার অব প্যারিস অত্যন্ত ধীর গতিতে জল গ্রহণ করে।

$$CaSO_4, 2H_2O \xrightarrow[-1\frac{1}{2}H_2O]{125°C} CaSO_4, \tfrac{1}{2}H_2O \xrightarrow[-\frac{1}{2}H_2O]{200°C} CaSO_4 \text{ (ডেড বার্নট)}$$

সাধারণ উষ্ণতায় জলে প্রলম্বিত জিপসামচুর্ণের মধ্যে NH_3 ও CO_2-এর স্রোত চালনা করিয়া $(NH_4)_2$ SO_4-এর শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$2NH_3 + CO_2 + H_2O + CaSO_4 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

ব্যবহার : কাগজ শিল্পে, চক-পেন্সিল নির্মাণে, প্লাস্টার অব প্যারিস প্রস্তুতিতে, অ্যামোনিয়াম সালফেট শিল্পোৎপাদনে।

ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$

উৎস : ক্যালসাইট, মার্বেলপাথর, চুনাপাথর

ধর্ম : জলে অদ্রাব্য কেলাসাকার কঠিন পদার্থ।

$$CaCO_3 \overset{\triangle}{=} CaO + CO_2\ ;\ CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$
$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

ব্যবহার ঃ পাথুরে চুন, সিমেন্ট, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সোডিয়াম কার্বনেট ইত্যাদির পণ্যোৎপাদনে ; ধাতুবিদ্যায় বিগালক হিসাবে ; মার্বেলপাথরের প্রাসাদ, বাসনপত্র ইত্যাদি নির্মাণে, চুনকামের কাজে, রবার শিল্পে, প্লাস্টিক শিল্পে, দাঁতের মাজন প্রস্তুতিতে।

সুপার ফসফেট অব লাইম

প্রস্তুতি

$$\underset{\text{ফস্‌ফোরাইট আকরিক 70\%}}{Ca_3(PO_4)_2} + 2H_2SO_4 + 4H_2O = \underset{\text{সুপার ফসফেট অব লাইম}}{Ca(H_2PO_4)_2 + 2(CaSO_4,\ 2H_2O)}$$

ব্যবহার ঃ সার হিসাবে বহুলব্যবহৃত।

ট্রিপল সুপার ফসফেট

প্রস্তুতি ঃ $\underset{\text{ফসফোরাইট আকরিক}}{Ca_3(PO_4)_2} + 4H_3PO_4 = 3Ca(H_2PO_4)_2$

ব্যবহার ঃ সার হিসাবে।

পোর্টল্যাণ্ড সিমেণ্ট

বিচুর্ণিত বেলেমাটি ও চুনামাটির উপযুক্ত অনুপাতে মিশ্রণ প্রায় 1300°C উষ্ণতায় গালাইয়া কঙ্করে পরিণত করার পর পুনরায় চুর্ণিত করিলে সিমেণ্ট পাওয়া যায়। ইহার প্রধান উপাদান ডাইক্যালসিয়াম সিলিকেট, যাহা জল গ্রহণ করিয়া প্রস্তর সদৃশ হইয়া উঠে।

$$2CaO + SiO_2 = (CaO)_2,\ SiO_2$$

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. ক্যালসিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। নিষ্কাশনকালে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে কেন ফ্লুয়োরস্পার যোগ করা হয়? ক্যালসিয়াম ধাতুকে নাইট্রোজেন পরিমণ্ডলে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে জলে নিক্ষেপ করিলে কি ঘটে? উপযুক্ত সমীকরণ দাও।

2. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত হয়? (H.S. 1978)
(a) ব্লিচিং পাউডার, (b) প্লাস্টার অব প্যারিস, (c) সুপার ফসফেট অব লাইম। কিভাবে কুইকলাইম ও কলিচুন প্রস্তুত করিবে? (H.S. 1979)

3. নিম্নলিখিত যৌগগুলির রাসায়নিক সঙ্কেত ও প্রস্তুত পদ্ধতি সংক্ষেপে লিখ :

(a) ব্লিচিং পাউডার (Tripura '79, H.S. '80), (b) প্লাস্টার অব প্যারিস Tripura '79, H. S. '80), (c) ক্যালসিয়াম কার্বাইড, (d) ট্রিপল সুপার-ফসফেট।

প্রত্যেকের একটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর।

4. পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্ট কি? ইহার প্রধান উপাদানগুলি কি কি? পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্ট প্রস্তুতির জন্য কি কি উপাদান ও কত তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়? সিমেন্ট জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

5. কি করিয়া ক্যালসিয়াম লবণকে শুষ্ক ও সিক্ত পরীক্ষার দ্বারা সনাক্ত করিবে? প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি লিখ।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কারণ দেখাও :

(a) ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনকালে কেন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে ফ্লুয়োরস্পার যোগ করা হয়?

(b) কেন ক্যালসিয়াম ধাতুকে কার্বনবিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয় না?

(c) প্লাস্টার-অব-প্যারিস প্রস্তুতকালে কেন তাপমাত্রাকে 140°C-এর ঊর্ধ্বে তোলা হয় না?

(d) কেন ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতিতে উচ্চ তাপমাত্রা ব্যবহার করা হয় না?

(e) ট্রিপল সুপারফসফেট অব লাইমে ফস্ফরাসের পরিমাণ সাধারণ সুপারফসফেট অব লাইম অপেক্ষা বেশি কেন?

(f) জলের সংস্পর্শে সিমেন্ট জমাট বাঁধে কেন?

(g) ফসফোরাইট আকরিক হইতে সুপারফসফেট অব লাইম প্রস্তুতিকালে সমীকরণের হিসাব অপেক্ষা অধিক পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যয়িত হয় কেন?

2. উপযুক্ত সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ :

(a) ক্যালসিয়াম ধাতুকে হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে জলে নিক্ষেপ করা হইল।

(b) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে ক্যালসিয়ামকে দ্রুত উত্তপ্ত করা হইল।

(c) টাইটেনিয়াম ডাইঅক্সাইড ও ধাতব ক্যালসিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হইল।

(d) ক্যালসিয়ামকে অ্যামোনিয়া গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করা হইল।

(e) চুনের জলে অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হইল। (H. S. 78)

(f) জিপসামচূর্ণ প্রলম্বিত জল অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত করিয়া উহার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল। (H. S. 81)

(g) ব্লিচিং পাউডারে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল।

(h) শুষ্ক ফোটানো চুনকে (slaked lime) ক্লোরিন গ্যাস পরিমণ্ডলে দীর্ঘকাল রাখা হইল।

(i) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও ফোটানো চুনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হইল।

(j) গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ব্লিচিং পাউডার যোগ করা হইল।

(k) সোদক ক্যালসিয়াম নাইট্রেট কেলাসকে ক্রমশ উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল।

(l) উষ্ণ মিল্ক অব লাইমের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল।

3. [A], [B], [C] ইত্যাদি স্থানে উপযুক্ত পদার্থের নাম, সঙ্কেত অথবা চিহ্ন বসাও এবং বিক্রিয়াকে সমীকরণের সাহায্যে সূচিত কর :

(a) $Ca + [A] \xrightarrow{\triangle} [B] \xrightarrow{H_2O} [C] + NH_3$

(b) $[A] + CO_2 \xrightarrow{\triangle} [B] + [C]$;

$[B] \xrightarrow{H_2O} C_2H_2 + [D]$

(c) $[A] \xrightarrow[40°C]{Cl_2} [B] \xrightarrow{H_2SO_4} CaSO_4 + H_2O + [C]$

(d) $CaSO_4 \xrightarrow[CO_2]{NH_3/H_2O} [A] + [B]$

৫

জিঙ্ক ও উহার কয়েকটি যৌগ

ZINC AND SOME OF ITS COMPOUNDS

চিহ্ন Zn — পারমাণবিক গুরুত্ব 65·85

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 30 — ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

5.1 উৎস

জিঙ্ক বা দস্তা মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। ইহার প্রধান খনিজগুলি নিম্নরূপ :

(1) **অক্সাইড :** জিঙ্কাইট বা লাল জিঙ্ক আকরিক ZnO

(2) **কার্বনেট :** ক্যালামাইন $ZnCO_3$.

(3) **সিলিকেট :** উইলেমাইট Zn_2SiO_4

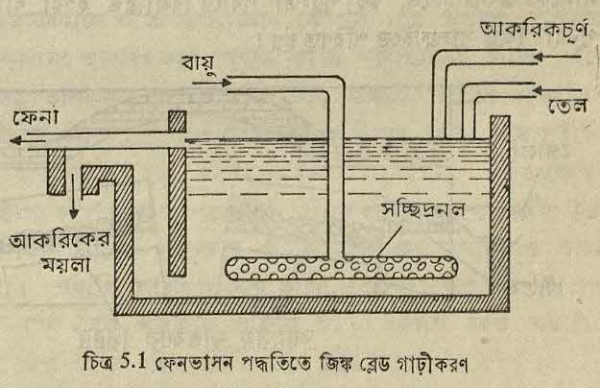
(4) **সালফাইড :** জিঙ্কব্লেণ্ড ZnS

জিঙ্ক ব্লেণ্ডই জিঙ্কের প্রধান আকরিক। অনেক সময় ইহার সহিত রৌপ্যযুক্ত গ্যালেনা (PbS) মিশ্রিত থাকে। জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে জিঙ্ক ধাতুকে নিম্নলিখিত দুই প্রকার পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয় : (1) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি (Carbon reduction procsss) এবং (2) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic process)।

5.2 কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে জিঙ্ক নিষ্কাশন

কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে চারিটি পর্যায় : (a) আকরিক গাঢ়ীকরণ (concentration) ; (b) তাপজারণ (roasting) ; (c) বিজারণ বা বিগলন (reduction or smelting) এবং (d) বিশোধন (purification)।

(a) আকরিক গাঢ়ীকরণ : ফেনভাসন পদ্ধতি (Froth floatation process)—এই পদ্ধতিতে উত্তমরূপে বিচুর্ণিত জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে একটি জলপূর্ণ চৌবাচ্চার মধ্যে ফেনাসৃষ্টিকারী (frother) হিসাবে কিছু পাইন বা ইউক্যালিপটাস তৈল, সংগ্রহক (collector) হিসাবে জানথেট, সক্রিয়ক (activator) হিসাবে কপার সালফেট এবং অল্প অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া, তলদেশ হইতে বায়ুচালনার সাহায্যে আলোড়িত করা হয়। বায়ুচালনার ফলে



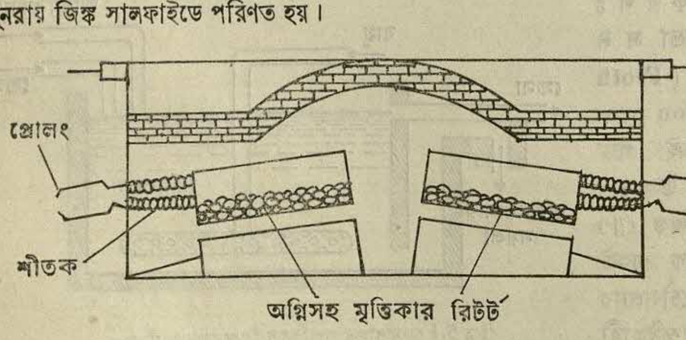
চিত্র 5.1 ফেনভাসন পদ্ধতিতে জিঙ্ক ব্লেড গাঢ়ীকরণ

পাইন বা ইউক্যালিপটাস তৈল প্রচুর ফেনা সৃষ্টি করে এবং জিঙ্ক ব্লেণ্ডের জল অপেক্ষা তৈলে সিক্ত বা আসঞ্জিত হইবার প্রবণতা অধিক বলিয়া উহার সূক্ষ্মচূর্ণ ফেনার সহিত উপরে ভাসিয়া উঠে। কিন্তু আকরিকে উপস্থিত মাটি, বালি ইত্যাদি সিলিকেট জাতীয় খনিজমলের জলে আসঞ্জিত হইবার প্রবণতা বেশি হইবার জন্য উহারা চৌবাচ্চার তলদেশেই থাকিয়া যায়। উপরে ভাসিয়া উঠা গাঢ়ীকৃত আকরিককে দ্বিতীয় বার একই উপায়ে আরো গাঢ়ীকৃত করিয়া শুষ্ক করা হয়।

(b) **তাপজারণ:** গাঢ়ীকৃত আকরিককে অতঃপর বহুতল চুল্লী (multiple furnace) অথবা ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে (revolving furnace) অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহের মধ্যে, অথবা আধুনিক 'প্রবাহীভূত পীঠিকা' (fluidised bed) পদ্ধতিতে বায়ুস্রোতে প্রলম্বিত অবস্থায় প্রায় 800°C তাপমাত্রায় তাপজারিত করা হয়। প্রথম দুইটি পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত আকরিক চুল্লীর উপরাংশে প্রবেশ করে এবং যান্ত্রিক উপায়ে বা কেন্দ্রাতিগ বলের প্রভাবে একে একে অনেকগুলি পীঠিকাকে অতিক্রম করিবার সময়ে উত্তপ্ত বায়ুর সংস্পর্শে জারিত হইয়া চুল্লীর নিম্নদেশে স্থাপিত নির্গমপথ দিয়া বাহিরে আসে (কপার পাইরাইটিস গাঢ়ীকরণ দ্রষ্টব্য)। তথাকথিত প্রবাহীভূত পীঠিকা পদ্ধতিতে অতিরিক্ত সূক্ষ্মভাবে বিচূর্ণিত আকরিককে গাঢ়ীকরণের পর একটি প্রকোষ্ঠে উত্তপ্ত বায়ুস্রোতের সাহায্যে এমনভাবে আলোড়িত করা হয় যে, উহা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া ফুটন্ত তরলের অনুরূপ রূপ লাভ করে। সাবেকী পদ্ধতির তুলনায় এই পদ্ধতিতে তাপজারণের সময়কাল কমিয়া এক-তৃতীয়াংশ হইতে এক-চতুর্থাংশে পরিণত হয় এবং গাঢ়ীকৃত আকরিক হইতে সম্পূর্ণতর জিঙ্ক নিষ্কাশন সম্ভব হয়।

তাপজারণের ফলে জিঙ্ক ব্লেণ্ড জিঙ্ক অক্সাইডে এবং কিছু পরিমাণে জিঙ্ক সালফেটে পরিণত হয়; $ZnS+2O_2=ZnSO_4$; $2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$ ।

তাপজারণকালে তাপমাত্রা জিঙ্ক সালফেটের বিয়োজন তাপমাত্রা 767°C-এর উপরে রাখা হয়, যাহাতে অধিক পরিমাণ জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন না হয়। অধিক পরিমাণ জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন হইলে, উহা পরবর্তী পর্যায়ে বিজারিত হইয়া ধাতব জিঙ্কের পরিবর্তে পুনরায় জিঙ্ক সালফাইডে পরিণত হয়।



চিত্র 5.2 কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক নিষ্কাশন

তাপজারণের ফলে উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা যায়। তাপজারণের ফলে আকরিকে উপস্থিত আর্সেনিক, জল এবং

অন্যান্য উদ্বায়ী অংশও দূরীভূত হয়। কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয় ($ZnCO_3 = ZnO + CO_2$) এবং আকরিক পরবর্তী বিক্রিয়ার উপযুক্ত সচ্ছিদ্র রূপ লাভ করে।

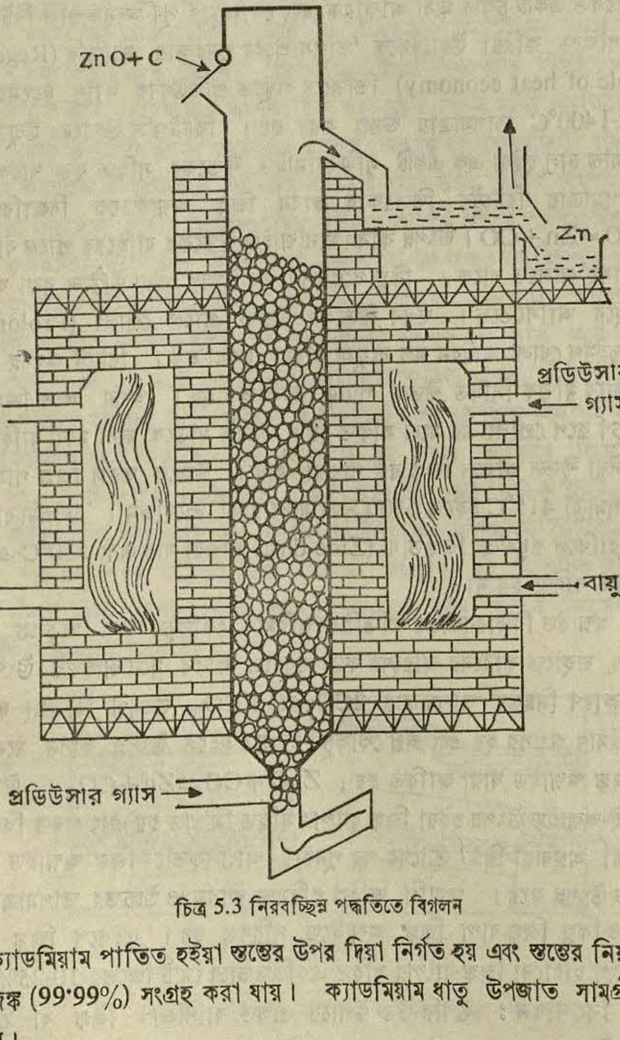
(c) **বিজারণ বা বিগলন:** তাপজারিত আকরিককে অতঃপর উহার প্রায় অর্ধেক পরিমাণ কোকচূর্ণের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত রিটর্টে, প্রায় 1350°-1400°C তাপমাত্রায় বিজারিত করা হয়।

সাধারণত একটি চুল্লীর মধ্যে আকরিক এবং কোকচূর্ণে পূর্ণ অনেকগুলি রিটর্টকে সারিবদ্ধভাবে সজ্জিত করিয়া উহাদিগকে 'তাপসাশ্রয়ের পুনরুদ্ধার নীতি'র (Regenerative principle of heat economy) ভিত্তিতে বায়ুতে প্রডিউসার গ্যাস দহনের সাহায্যে 1350°C-1400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। রিটর্টগুলি উহাদের উন্মুক্ত প্রান্তের দিকে সামান্য ঢালু হইয়া এক একটি মৃত্তিকানির্মিত শীতকের সহিত যুক্ত থাকে। চুল্লীর উচ্চ তাপমাত্রায় রিটর্টের ভিতরকার কার্বন জিঙ্ক অক্সাইডকে বিজারিত করে; $C + ZnO = Zn + CO$। উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড শীতকের বাহিরের প্রান্তে বায়ু সংস্পর্শে নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। কিছু পরে শিখা খুব উজ্জ্বল হইয়া উঠিলে বুঝা যায়, জিঙ্ক-বাষ্প বাহিরে আসিতেছে। তখন শীতকের উন্মুক্ত প্রান্তে প্রোলং (Prolong) নামে পরিচিত দুইমুখ খোলা আয়রন নল সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। রিটর্টে উৎপন্ন জিঙ্ক-বাষ্প আংশিকভাবে মৃত্তিকানির্মিত শীতক পাত্রে তরলীভূত হয়। অপর অংশ জিঙ্ক ও জিঙ্ক অক্সাইড চূর্ণ রূপে প্রোলং-এর মধ্যে সঞ্চিত হয়। তরল ধাতুকে মধ্যে মধ্যে বাহির করিয়া ছাঁচে ফেলিয়া শীতল করিলে জিঙ্ক ব্লক পাওয়া যায়। শীতকে তরল জিঙ্ক পাইতে হইলে উহার তাপমাত্রা 415°C হইতে 550°C-এর মধ্যে রাখা প্রয়োজন। তাপমাত্রা 415°C-এর নিম্নে রাখিলে শুধুমাত্র জিঙ্কডাস্ট (Zinc dust) পাওয়া যায় এবং 550°C-এর অধিক হইলে কিছুই সঞ্চিত হয় না।

জিঙ্ক অক্সাইড বিজারণকালে অতিরিক্ত পরিমাণ কোকচূর্ণ এবং অত্যুচ্চ তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়, যাহাতে কার্বনের জারণের ফলে শুধুমাত্র কার্বন মনোক্সাইডই উৎপন্ন হইতে পারে। কারণ নিম্নতর তাপমাত্রায় $2CO \rightleftharpoons C + CO_2$ উভমুখী বিক্রিয়া দক্ষিণদিকে অধিক পরিমাণ অগ্রসর হয় এবং অল্প কোকচূর্ণ ব্যবহৃত হইলে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইডের একাংশ জিঙ্ক অক্সাইড দ্বারা জারিত হয়; $ZnO + CO \rightleftharpoons Zn + CO_2$। উভয়ক্ষেত্রেই কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া জিঙ্ক বাষ্পের সহিত মিশ্রিত হয় এবং প্রদত্ত দ্বিতীয় উভমুখী বিক্রিয়া অনুযায়ী রিটর্ট ত্যাগের পর পুনরায় আংশিকভাবে জিঙ্ক অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে। তথাপি, অধিক পরিমাণ কার্বন ও উচ্চতর তাপমাত্রা ব্যবহার করা সত্ত্বেও কিছু জিঙ্ক-বাষ্প জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। এইরূপে জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত অংশ হারানো জিঙ্ক-বাষ্পের সহিত একত্রিতভাবে মোট জিঙ্কের 10-25%।

(d) **বিশোধন:** উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত বাণিজ্যিক জিঙ্ক বা 'স্পেল্টারে' 97-98% জিঙ্ক 1-3% লেড, 0·1% পর্যন্ত আয়রন এবং কখনো কখনো ক্যাডমিয়াম ও কিছু আর্সেনিক থাকে। স্পেল্টারকে বিশোধনের জন্য গলিত অবস্থায় একটি পাতন

স্তম্ভের মধ্যে চালনা করা হয়। স্তম্ভের তাপমাত্রাকে জিঙ্কের স্ফুটনাঙ্ক 920°C-এর উপরে রাখা হয়। জিঙ্ক ও ক্যাডমিয়াম বাষ্পীভূত হইয়া স্তম্ভর উপরাংশ হইতে নির্গত হয় এবং উহাদের শীতল করিয়া তরলীভূত করা হয়। লেড (স্ফুটনাঙ্ক 1620°C) এবং আয়রন (স্ফুটনাঙ্ক 2800°C) স্তম্ভের নিচে পড়িয়া থাকে। গলিত জিঙ্ক-ক্যাডমিয়াম সংকর ধাতুকে অতঃপর অন্য একটি অনুরূপ পাতন স্তম্ভে চালনা করা হয়, যাহার তাপমাত্রা ক্যাডমিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক (767°C) অপেক্ষা বেশি, কিন্তু জিঙ্কের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা কম।



চিত্র 5.3 নিরবচ্ছিন্ন পদ্ধতিতে বিগলন

এইবার ক্যাডমিয়াম পাতিত হইয়া স্তম্ভের উপর দিয়া নির্গত হয় এবং স্তম্ভের নিম্নদেশ হইতে বিশুদ্ধ জিঙ্ক (99·99%) সংগ্রহ করা যায়। ক্যাডমিয়াম ধাতু উপজাত সামগ্রী হিসাবে উৎপন্ন হয়।

তাপজারিত জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিক বিগলনের অন্যান্য পদ্ধতি : তাপজারিত জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিকের সহিত কয়লা বা কোকচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া আর্কচুল্লী অথবা

রোধযুক্ত তড়িৎ-চুল্লীতেও বিগলন করা যায়। জিঙ্ক অক্সাইডকে নিরবচ্ছিন্ন পদ্ধতিতেও বিগলন করা হয়।

নিরবচ্ছিন্ন পদ্ধতিতে বিগলন : এই পদ্ধতিতে তাপজারিত জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত, উল্লম্ব, সঙ্কীর্ণ রিটর্টে কোকচূর্ণের সহিত মিশ্রিত অবস্থায়, উপর হইতে ফেলা হয়। রিটর্টটিকে বাহির হইতে বায়ুতে প্রডিউসার গ্যাসের দহনের সাহায্যে 1400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত রাখা হয়। প্রবিষ্ট মিশ্রণ অভিকর্ষের প্রভাবে নিচে নামিতে থাকে এবং জিঙ্ক অক্সাইড বিজারিত হইয়া জিঙ্কে পরিণত হয় : $ZnO+C=Zn+CO$। চুল্লীর উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন জিঙ্ক বাষ্পে পরিণত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইডের সহিত চুল্লীর উপরের নির্গমনলের মাধ্যমে একটি শীতকে প্রবেশ করে। এখানে জিঙ্ক তরলীভূত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড বাহির হইয়া যায়। আকরিক মিশ্রণের অবশিষ্টাংশ রিটর্টের নিম্নদেশে পৌছাইলে স্বয়ংক্রিয়ভাবে বাহির করা হয়। জিঙ্ক বাষ্প যাহাতে চুল্লীর উপরের নির্গমনল দিয়া নিরবচ্ছিন্নভাবে বাহির হইতে পারে, সেজন্য রিটর্টের নিম্নদেশে প্রডিউসার গ্যাস চালনা করিয়া একটি ঊর্ধ্বমুখী স্রোত অব্যাহত রাখা হয় (চিত্র 5.3)।

5.3 তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক নিষ্কাশন :

জিঙ্ক, নিকেল ইত্যাদি যে-সকল ধাতু তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের অল্প উচ্চে অবস্থিত, উপযুক্ত অবস্থায় উহাদের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়াও সংশ্লিষ্ট ধাতু নিষ্কাশন করা যায়,যদিও আরো উচ্চ স্থানের অধিকারী অ্যালুমিনিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের ক্ষেত্রে তাহা সম্ভব নহে। জিঙ্ক ব্লেণ্ডকে জিঙ্ক সালফেটে পরিণত করিয়া জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষণই সিক্ত পদ্ধতি বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক নিষ্কাশনের ভিত্তি। এই পদ্ধতিতে প্রথমে বিচূর্ণিত জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে প্রথমোক্ত পদ্ধতির মতই ফেনভাসন প্রণালীতে গাঢ়ীকরণ করা হয়। অতঃপর গাঢ়ীকৃত আকরিককে বায়ুপ্রবাহের মধ্যে এমনভাবে তাপজারিত করা হয়, যাহাতে তাপমাত্রা 700° সেন্টিগ্রেডের উপরে উঠিতে না পারে। ঐরূপ অবস্থায় তাপজারণের ফলে অধিকতর পরিমাণ জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন হয় ; $ZnS+2O_2=ZnSO_4$। যেহেতু জিঙ্ক সালফেট 767°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে বিয়োজিত হয় ($ZnSO_4=ZnO+SO_3$) সেজন্য ঊর্ধ্বতর তাপমাত্রা ব্যবহৃত হইলে তাপজারণের ফলে প্রধানত জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া যায়। এতদ্ব্যতীত আকরিকে লেড অথবা আয়রন উপস্থিত থাকিলে উচ্চতর তাপমাত্রায় লেড আকরিক চূর্ণের উপর একটি আবরণ সৃষ্টি করিয়া জারণকার্যে বাধা দেয় এবং আয়রন জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া এমন একটি যৌগ (জিঙ্ক ফেরাইট ZnO, Fe_2O_3, গঠন করে, যাহা পরবর্তী পর্যায়ে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিষ্কাশিত করিবার সময়ে, অ্যাসিড বেশ কিছু গাঢ় না হইলে, দ্রবীভূত হইতে চাহে না। তাই এই পদ্ধতিতে তাপজারণকালে সাধারণত 650°-700°C তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়।

আকরিককে তাপজারিত করিবার পর 'নিম্ন অ্যাসিড পদ্ধতি'তে 10-12% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অথবা 'উচ্চ অ্যাসিড পদ্ধতি'তে 28% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিষ্কাশিত করা হয়। 'উচ্চ অ্যাসিড পদ্ধতি'র সুবিধা এই যে, (a) ইহা

তাপজারণকালে জিঙ্ক ফেরাইট গঠিত হইয়া থাকিলে তাহাকেও দ্রবীভূত করে ; (b) ইহা দ্রবণে জিঙ্ক লবনের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে ; (c) ইহা অধিক পরিমাণ আয়রন দ্রবীভূত করে, যাহার ফলে পরবর্তী প্রশমন পর্যায়ে আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনির অধিকতর দূরীভবন সম্ভব হয় এবং (d) ইহা সিলিকার অতিরিক্ত থকৃথকে অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে না বলিয়া পরিস্রাবণ প্রক্রিয়া দ্রুত সম্পন্ন করা যায়। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিষ্কাশন করার ফলে তাপজারণে উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইড জিঙ্ক সালফেটে পরিণত হইয়া দ্রবণে চলিয়া আসে ; $ZnO+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2O$।

অতঃপর অশুদ্ধিযুক্ত জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে চুন যোগ করিয়া আয়রন এবং অ্যালুমিনিয়ামকে হাইড্রক্সাইড রূপে এবং সিলিকাকে ক্যালসিয়াম সিলিকেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। দ্রবণকে অধঃক্ষেপ হইতে পরিস্রুত করিয়া উহার মধ্যে জিঙ্কডাস্ট (Zinc dust) যোগ করিলে জিঙ্ক হইতে কম সক্রিয় ধাতু ক্যাডমিয়াম এবং কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়। $CuSO_4+Zn=ZnSO_4+Cu$; $CdSO_4+Zn=ZnSO_4+Cd$। জটিল যৌগে পরিণত করিয়া কোবাল্টকেও দূরীভূত করা হয়।

পরিশেষে পরিস্রুত দ্রবণকে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা আম্লিক করিয়া অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোড এবং লেড অ্যানোডের মধ্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতে পারে যে, যেহেতু দ্রবণের মধ্যে জলের আয়নীভবনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন উপস্থিত থাকে এবং তড়িচ্চালক বল সারিতে উহার স্থান জিঙ্কের নিচে, অর্থাৎ হাইড্রোজেন আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া মুক্তিলাভ করার জন্য প্রয়োজনীয় বিজারণ বিভব (মুক্তিবিভব বা discharge potential) জিঙ্ক আয়ন অপেক্ষা কম, সুতরাং তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে জিঙ্ক আয়নের পরিবর্তে হাইড্রোজেন আয়নই মুক্তিলাভ করিবে। কিন্তু এই ধারণা সম্পূর্ণ সঠিক নহে। যদিও জিঙ্ক আয়নের মুক্তিবিভব 0·785 ভোল্ট হাইড্রোজেন আয়নের মুক্তিবিভব অপেক্ষা অধিক, কিন্তু উহা প্রমাণ অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে নির্ধারিত। অ্যালুমিনিয়াম অথবা জিঙ্ক তড়িদ্দ্বারে মুক্তিলাভের জন্য হাইড্রোজেন আয়নের অতিরিক্ত বিভবের (overvoltage) প্রয়োজন হয়। জিঙ্ক তড়িদ্দ্বারের ক্ষেত্রে এই অতিরিক্ত বিভবের পরিমাণ 1(N) অ্যাসিড দ্রবণে 1·23 ভোল্ট। সেজন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে শুধুমাত্র জিঙ্ক আয়নই মুক্তিলাভ করে। অপর দিকে অ্যানোডে সালফেট এবং হাইড্রক্সিল উভয় আয়নই আকর্ষিত হয়, কিন্তু সালফেট আয়নের ইলেকট্রন বর্জন করিয়া নিস্তড়িৎ হইবার জন্য প্রয়োজনীয় বিভব (অর্থাৎ জারণ বিভব) বা মুক্তিবিভবের মান হাইড্রক্সিল আয়নের অনুরূপ মান অপেক্ষা অধিক হওয়ায় শুধুমাত্র হাইড্রক্সিল আয়নই মুক্তিলাভ করিতে পারে।

বিক্রিয়া : $ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{++}+SO_4^{=}$; $H_2O=H^{+}+OH^{-}$

ক্যাথোডে $Zn^{++}+2e \rightarrow Zn$

অ্যানোডে $4OH^{-} \rightarrow 4[OH]+4e$; $4[OH] \rightarrow 2H_2O+O_2$

ব্যবহার্য ভোল্টেজ 3·25 হইতে 3·5 ভোল্ট এবং প্রবাহঘনত্ব প্রতি বর্গফুটে 20 হইতে 30 অ্যামপীয়ার। বিক্রিয়ার ফলে জিঙ্ক সালফেট সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং

সেই সালফিউরিক অ্যাসিডকে তাপজারিত জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে জিঙ্ক সালফেট নিষ্কাশনে ব্যবহার করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব যাহাতে 0·66N-এর অধিক হইতে না পারে সেদিকে লক্ষ্য রাখা হয়। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন জিঙ্কের বিশুদ্ধতা 99·95%।

5.4 জিঙ্কের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : (1) জিঙ্ক নীলাভ সাদা ধাতু, আর্দ্র বায়ুতে ইহার উপর ক্ষারকীয় কার্বনেট $ZnCO_3, 3Zn(OH)_2$-এর একটি আবরণ সৃষ্টি হয়। (2) 100° সেন্টিগ্রেডের নিম্নে এবং 200° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে ধাতুটি ভঙ্গুর। কিন্তু 100°C-150°C-এর মধ্যে বাণিজ্যিক জিঙ্ক প্রসার্যশীল ও ঘাতসহ এবং সহজেই তার বা পাতে পরিণত হইতে পারে। (3) ইহা তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। (4) ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·14 ; গলনাঙ্ক 420°C ; স্ফুটনাঙ্ক 920°C।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক সবুজাভ সাদা শিখাসহ প্রজ্বলিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয় ; $2Zn+O_2=2ZnO$। উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইড থিতাইয়া পশমগুচ্ছের রূপ গ্রহণ করে বলিয়া উহাকে 'দার্শনিকের পশম' (Philosopher's wool) বলা হয়।

(2) বিশুদ্ধ জিঙ্ক জলের সহিত বিক্রিয়া করে না, কিন্তু অবিশুদ্ধ বাণিজ্যিক জিঙ্ক, জিঙ্ক-কপার যুগল (Zinc-copper couple) অথবা জিঙ্কডাস্ট ফুটন্ত জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ;

$$Zn+2H_2O=Zn OH)_2+H_2$$

আবার উত্তপ্ত জিঙ্ক ধাতুর উপর দিয়া স্টীম চালনা করিলে হাইড্রোজেনের সহিত জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া যায় ; $Zn+H_2O=ZnO+H_2$

(3) বাণিজ্যিক জিঙ্ক সহজেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ; $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$; $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$; কিন্তু বিশুদ্ধ জিঙ্ক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলে উহার উপর হাইড্রোজেনের আবরণ উৎপন্ন হইবার ফলে বিক্রিয়া বিলম্বিত হয়। বাণিজ্যিক জিঙ্কে কপার ইত্যাদি কম সক্রিয় ধাতু উপস্থিত থাকিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভোল্টীয় কোষ সৃষ্টি করে এবং হাইড্রোজেন ঐসব অশুদ্ধি কণিকার উপর সহজেই উৎপন্ন হইতে পারে।

(4) জারণ ধর্মসম্পন্ন অ্যাসিড—নাইট্রিক অ্যাসিড বা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, জিঙ্ক দ্বারা বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ;

$$Zn+4HNO_3 \text{ (গাঢ়)}=Zn(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$

$$3Zn+8HNO_3 \text{ (নাতি গাঢ়)}=3Zn(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

$$4Zn+10HNO_2 \text{ (অতিলঘু উষ্ণ)}=4Zn(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$$

$$4Zn+10HNO_3 \text{ (অতিলঘু শীতল)}=4Zn(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$$

$$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+SO_2+2H_2O$$

(5) জিঙ্ক উষ্ণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট জিঙ্কেটে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন নির্গত করে ;

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 \text{ (সোডিয়াম জিঙ্কেট)} + H_2$$

(6) জিঙ্কডাস্ট ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রণ নাইট্রেট লবণকে অ্যামোনিয়ায় বিজারিত করে ; $NaNO_3 + 4Zn + 7NaOH = NH_3 + 4Na_2ZnO_2 + 2H_2O$

(7) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ও জিঙ্কের মিশ্রণ ফেরিক সালফেটকে ফেরাস সালফেটে বিজারিত করে ; $Fe_2(SO_4)_3 + Zn = ZnSO_4 + 2FeSO_4$

(8) ক্লোরিন বা সালফার বাষ্পের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক সরাসরি যুক্ত হইয়া যথাক্রমে জিঙ্ক ক্লোরাইড বা জিঙ্ক সালফাইড উৎপন্ন করে ;

$$Zn + Cl_2 = ZnCl_2 \ ; \ Zn + S = ZnS$$

(9) জিঙ্ক তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে উহার নিম্নে অবস্থিত ধাতুগুলিকে উহাদের লবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করে ; $Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$

$$Zn + HgCl_2 = ZnCl_2 + Hg$$

5.5 জিঙ্কের ব্যবহার

(1) বায়ুমণ্ডলীয় ক্ষয়রোধের ক্ষমতা থাকায় জিঙ্ককে ব্যাপকভাবে মরিচা হইতে আয়রন সামগ্রীকে রক্ষা করিবার জন্য উহার উপর প্রলেপ হিসাবে (গ্যালভানাইজেশান, শেরার্ডাইজিং) ব্যবহার করা হয়, (2) তড়িৎ-কোষের অ্যানোড, লিথোগ্রাফপ্লেট, গ্যাসদ্রোনী ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, (3) বহুল ব্যবহৃত সাদা পিগমেন্ট জিঙ্ক অক্সাইড উৎপাদনে, (4) সায়ানাইড পদ্ধতিতে সিলভার ও গোল্ড নিষ্কাশনে এবং পার্কস পদ্ধতিতে লেডকে সিলভারমুক্ত করিতে জিঙ্ক ব্যবহৃত হয়, (5) জিঙ্কের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার ব্রাস বা পিতল (Cu 70%'Zn 30%) ; ডেল্‌টা মেটাল (Cu 55%,Zn 40%,Fe+Mn 5%) ; মুনৎস মেটাল (Cu 60%,Zn 40%) ; জার্মান সিলভার (Cu 55%,Zn 25%; Ni 20%) ইত্যাদি সংকর ধাতু প্রস্তুতিতে, (6) জিঙ্কডাস্ট এবং জিঙ্ক ছিবড়া রূপে জিঙ্ক লেবরেটারিতে বিকারক হিসাবেও ব্যবহৃত হয়।

5.6 জিঙ্কের ছিবড়া

গলিত বাণিজ্যিক জিঙ্ক ধীরে-ধীরে অতিরিক্ত পরিমাণ শীতল জলে ঢালিয়া জিঙ্কের ছিবড়া প্রস্তুত করা হয়। জিঙ্কের ছিবড়ায় বহির্তলের ক্ষেত্রফল অনেক বাড়িয়া যায় এবং ইহাকে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ও অন্যান্য অনেক কার্যে লেবরেটারিতে ব্যবহার করা হয়।

5.7 জিঙ্কডাস্ট (Zinc dust) :

জিঙ্ক নিষ্কাশনকালে প্রোলং-এর মধ্যে উৎপন্ন হয়। গলিত জিঙ্কের ভিতর দিয়া উচ্চ চাপে বায়ুচালিত করিলেও জিঙ্ক ডাস্ট পাওয়া যায়। ইহা জিঙ্ক অক্সাইড আবরণে আবৃত ধাতব জিঙ্ক কণিকার সমষ্টি। জিঙ্ক ডাস্ট লেবরেটারিতে বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

5.8 গ্যালভানাইজেশান (Galvanisation)

আয়রন সামগ্রীর মরিচা পড়া নিবারণের জন্য উহার উপর জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়ার

একটি পদ্ধতির নাম গ্যালভানাইজেশান। এই পদ্ধতিতে আয়রন পাত বা অন্য কোন সামগ্রীকে প্রথমে বালির ঝাপ্‌টা (sand blasting) দিয়া পরিষ্কার করিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে জরানো (pickling) হয়। অতঃপর পরিষ্কৃত আয়রন সামগ্রীটিকে বিগালক অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত গলিত জিঙ্কের মধ্যে ডুবাইয়া তোলা হয়। ফলে আয়রনের বহিস্তলে একটি জিঙ্কের আস্তরণ উৎপন্ন হয়। ইহাই আয়রনকে মরিচা পড়ার হাত হইতে রক্ষা করে। টিন প্রলেপ অপেক্ষা জিঙ্ক প্রলেপের সুবিধা এই যে, জিঙ্ক তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে আয়রনের উর্ধ্বে অবস্থিত (অর্থাৎ অধিক সক্রিয়) বলিয়া জিঙ্ক প্রলেপের কোন অংশ উঠিয়া গেলেও জলের সংস্পর্শে উন্মুক্ত আয়রন তল ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না, নিকটবর্তী জিঙ্কই জারিত হইয়া ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। জলের সংস্পর্শে জিঙ্ক ও আয়রন এমন এক গ্যালভানীয় কোষ সৃষ্টি করে যাহার আয়রন তড়িদ্‌দ্বারে হাইড্রোজেন আয়ন এবং জিঙ্ক তড়িদ্‌দ্বারে হাইড্রক্সিল আয়ন মুক্ত হয়। মুক্তিপ্রাপ্ত হাইড্রক্সিল মূলক জিঙ্ককে জারিত করে ; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

আয়রন তড়িদ্‌দ্বারে বিক্রিয়া $2H^+ + 2e \longrightarrow H_2$

জিঙ্ক তড়িদ্‌দ্বারে বিক্রিয়া $Zn + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2 + 2e$

কিন্তু তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে টিনের স্থান আয়রনের নিম্নে বলিয়া অনুরূপ ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন আয়ন টিনের উপর এবং হাইড্রক্সিল আয়ন আয়রনের উপর মুক্ত হয়। ফলে টিন প্রলেপ খসা আয়রন অংশ ক্রমশ জারিত হইতে হইতে শেষ পর্যন্ত ফুটা হইয়া যায়।

5.9 শেরার্ডাইজিং (Sherardizing)

আয়রন সামগ্রীর উপর জিঙ্ক প্রলেপ দেওয়ার অপর এক পদ্ধতির নাম শেরর্ডাইজিং। এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত আয়রন সামগ্রীর গায়ে জিঙ্ক ডাস্ট স্প্রে করিয়া দেওয়া হয় অথবা একটি ঘূর্ণায়মান ড্রামের মধ্যে আয়রন সামগ্রীকে জিঙ্ক ডাস্টের মধ্যে রাখিয়া প্রায় 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। শেরার্ডাইজিং-এর ফলেও জিঙ্ক ডাস্ট গলিত হইয়া আয়রন সামগ্রীর বহিস্তলে একটি রক্ষাকারী আবরণ সৃষ্টি করে।

5.10 তড়িৎ-অবক্ষেপণ (Electro deposition)

জিঙ্ক সালফেট অথবা অন্য কোন উপযুক্ত জিঙ্ক লবণের দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহার করিয়া এই পদ্ধতির সাহায্যেও আয়রন বা স্টীল সামগ্রীর উপর জিঙ্ক প্রলেপ সৃষ্টি করা যায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে আয়রন বা স্টীলের বস্তুটিকে ক্যাথোড এবং দ্রবণে ডুবানো একটি বিশুদ্ধ জিঙ্ক দণ্ডকে অ্যানোডের সহিত যুক্ত করা হয়। ক্যাথোডে জিঙ্ক আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বস্তুটির উপর অবক্ষিপ্ত হইতে থাকে এবং অ্যানোডে বিশুদ্ধ জিঙ্ক ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া আয়নে পরিণত হয় ;

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Zn^{++} + 2e \longrightarrow Zn$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Zn \longrightarrow Zn^{++} + 2e$

জিঙ্কের কয়েকটি যৌগ

জিঙ্ক অক্সাইড, ZnO

5.11 প্রস্তুতি

(1) জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ক্ষারকীয় জিঙ্ক কার্বনেটের যে অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, তাহাকে উচ্চতাপে বিয়োজিত করিয়া চিকিৎসার জন্য ব্যবহৃত মলমের উপযুক্ত জিঙ্ক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ;

$$5ZnSO_4 + 5Na_2CO_3 + 3H_2O = 5Na_2SO_4 + 2ZnCO_3,3Zn(OH)_2 + 3CO_2$$

$$2ZnCO_3,\ 3Zn(OH)_2 = 5ZnO + 3H_2O + 2CO_2$$

(2) জিঙ্ক অক্সাইড পিগমেন্ট বা 'হোয়াইট জিঙ্ক' প্রস্তুতির জন্য জিঙ্ক ধাতুকে বায়ুর অক্সিজেনে দহন করিয়া অক্সাইডে পরিণত করা হয়। হোয়াইট জিঙ্ক শিল্পোৎপাদনের নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি উল্লেখযোগ্য :

(a) **অ্যামেরিক্যান বা ওয়েদারিল (Wetherill) পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত জিঙ্ক অক্সাইড বেশি সাদা হয় না। ফ্রাংক্লিনাইট নামে পরিচিত, আয়রন ও ম্যাঙ্গানিজ অশুদ্ধিযুক্ত জিঙ্ক অক্সাইড আকরিককে এই পদ্ধতিতে কয়লাচূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত চুল্লীতে উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড ও জিঙ্ক বাষ্পকে একটি প্রকোষ্ঠে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে দহন করিলে উহারা যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। সাইক্লোন সেপারেটারের সাহায্যে উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডের সূক্ষ্ম চূর্ণ সংগ্রহ করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া যায়। $ZnO + C = Zn + CO$; $2Zn + O_2 = 2ZnO$

(b) **ফরাসী পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে একটি প্রকোষ্ঠে অশুদ্ধিযুক্ত জিঙ্ক স্পেল্টারকে কার্বন মনোক্সাইড স্রোতের মধ্যে বাহির হইতে উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীভূত করা হয়। উৎপন্ন জিঙ্ক বাষ্প কার্বন মনোক্সাইড স্রোতের দ্বারা বাহিত হইয়া একটি দহন প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে এবং সেখানে অতিরিক্ত বায়ুর উপস্থিতিতে জারিত হইয়া পূর্বপদ্ধতির মত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। কার্বন মনোক্সাইডের স্রোত জিঙ্ক বাষ্পীভবনে সাহায্য করে এবং ইহার জারণের ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড, জিঙ্ক বাষ্পের সহিত লেড উপস্থিত থাকিলে তাহাকে হোয়াইট লেডে পরিণত করে। সেজন্য উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইড বেশি সাদা হয়। $2Zn + O_2 = 2ZnO$

(c) **তড়িৎ-তাপীয় পদ্ধতি :** এই পদ্ধতি অ্যামেরিক্যান পদ্ধতিরই একটি রূপান্তর। এই পদ্ধতিতে জিঙ্ক সালফাইড আকরিককে প্রথমে তাপজারিত করিয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত করা হয়। অতঃপর এই জিঙ্ক অক্সাইডকে কোকচূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া ইলেকট্রিক চুল্লীতে প্রায় 1200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক বাষ্প এবং কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রণকে অতিরিক্ত বায়ুতে জারিত করিলে জিঙ্ক অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। পরিশেষে অ্যামেরিক্যান পদ্ধতির নিয়মে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বাহির হইতে দিয়া চূর্ণাকৃতি জিঙ্ক অক্সাইড সংগ্রহ করা হয়।

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2\ ;\ ZnO + C = Zn + CO\ ;\ 2Zn + O_2 = 2ZnO$$

5.12 ধর্ম

জিঙ্ক অক্সাইড সাদা চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ। জলে অদ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক অক্সাইডের সাদা রঙ গন্ধকের মত হলুদ হইয়া যায়। কিন্তু পুনরায় শীতল করিলে সাদা রঙ ফিরিয়া আসে। 1400°C-এর ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হয়।

ইহা উভধর্মী অক্সাইড। ইহা লঘু অ্যাসিড এবং ক্ষার উভয়প্রকার দ্রবণেই দ্রবীভূত হয়; $ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$

$2NaOH+ZnO=Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+H_2O$

লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় জিঙ্ক অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া জিঙ্কে পরিণত হয়;

$$ZnO+C=Zn+CO$$

লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় হাইড্রোজেন বা কার্বন মনোক্সাইডও উভমুখী বিক্রিয়ায় জিঙ্ক অক্সাইডকে আংশিকভাবে বিজারিত করে;

$$ZnO+H_2 \rightleftharpoons Zn+H_2O \; ; \; ZnO+CO \rightleftharpoons Zn+CO_2$$

একটি চারকোল খণ্ডের উপর সামান্য জিঙ্ক অক্সাইড রাখিয়া উহাতে একবিন্দু কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিয়া ব্লোপাইপের সাহায্যে জারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে 'রিনম্যানস গ্রীন' নামক সবুজবর্ণ পদার্থ উৎপন্ন হয়। ইহা জিঙ্ক অক্সাইডে $CoZnO_2$-এর একটি কঠিন দ্রবণ।

5.13 ব্যবহার

(2) সাদা রঙের পিগমেন্ট (অদ্রাব্য রঙ) হিসাবে জিঙ্ক অক্সাইড 'জিঙ্ক হোয়াইট' নামে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। তেলরঙে ব্যবহৃত হইলে ইহা ড্রায়ার (তিসির তেল ইত্যাদি ড্রাইং অয়েলকে জমাইবার জন্য অনুঘটক) হিসাবেও কাজ করে। (2) প্রাকৃতিক রবার ভালকানাইজেশানের সময় ইহাকে পিগমেন্ট ব্যতীতও 'অ্যাকসিলেটর অ্যাকৃটিভেটর' হিসাবে এবং নিয়োপ্রিন রবার ভালকানাইজেশানের সময় 'ভালকানাইজার' হিসাবে ব্যবহার করা হয়। (3) চীনামাটির উপর চিক্কণ প্রলেপ দিতে এবং (4) চর্মরোগের মলম প্রস্তুত করিতেও ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড, $Zn(OH)_2$

5.14 প্রস্তুতি

(1) জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণে সঠিক পরিমাণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের সাদা পুঞ্জীভূত অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। কিন্তু অতিরিক্ত বিকারক যোগ করিলে উৎপন্ন জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ যথাক্রমে সোডিয়াম জিঙ্কেট এবং জটিল জিঙ্ক অ্যামোনিয়াম যৌগে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায়;

$$ZnSO_4+2NaOH=Zn(OH)_2+Na_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2+2NaOH=Na_2ZnO_2+2H_2O$$
$$ZnCl_2+2NH_4OH=Zn(OH)_2+2NH_4Cl$$
$$Zn(OH)_2+4NH_4OH=[Zn(NH_3)_4](OH)_2+4H_2O$$

(2) 1N কষ্টিক পটাস দ্রবণে ধীরে ধীরে 1N জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ যোগ করিবার সঙ্গে সঙ্গে ঝাঁকাইতে থাকিলে, যখন দেখা যাইবে দ্রবণ স্থায়িভাবে সামান্য ঘোলাটে হইয়া উঠিয়াছে, তখন উহাকে রাখিয়া দিলে রম্বিক কেলাস রূপে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড পৃথক হইবে।

$$ZnSO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + Zn(OH)_2$$

5.15 ধর্ম

জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড জলে খুব সামান্য দ্রাব্য। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে, জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের জলে দ্রবীভূত অংশ হইতে হাইড্রক্সিল আয়ন অ্যামোনিয়াম আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া অবিয়োজিত (অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম আয়নের উপস্থিতিতে দুর্বল ক্ষার অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের আয়নীভবন প্রায় বন্ধ হইয়া যায়) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে। ফলে শেষ পর্যন্ত সমগ্র জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যায়। এজন্যই জিঙ্ক লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।

জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড উভধর্মী। ইহা অ্যাসিড ও ক্ষার উভয় প্রকার দ্রবণেই দ্রাব্য ;

$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$$
$$2NaOH + Zn(OH)_2 = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

5.16 ব্যবহার

লেবরেটরির বাহিরে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের ব্যবহার সীমিত। সোডিয়াম জিঙ্কেটে 30% হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যোগ করিয়া উৎপন্ন জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড-জিঙ্ক পারঅক্সাইড মিশ্রণকে অস্ত্রোপচারে এবং চর্মরোগে ব্যবহার করা হয়।

জিঙ্ক ক্লোরাইড, $ZnCl_2$

5.17 প্রস্তুতি

(1) উত্তপ্ত জিঙ্কের উপর দিয়া ক্লোরিন অথবা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালিত করিলে অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ;

$$Zn + Cl_2 = ZnCl_2 \;;\; Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

(2) জিঙ্ককে মারকিউরিক ক্লোরাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে অথবা জিঙ্ক অক্সাইডকে ক্লোরিন গ্যাসের স্রোতে 700°C-এর ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলেও অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড পাওয়া যায় ; $Zn + HgCl_2 = ZnCl_2 + Hg$; $2ZnO + 2Cl_2 = 2ZnCl_2 + O_2$

সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইড $ZnCl_2, H_2O$ প্রস্তুত করার জন্য জিঙ্ক, জিঙ্ক অক্সাইড বা জিঙ্ক কার্বনেটকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া প্রাপ্ত দ্রবণকে বাষ্পীভবনের সাহায্যে সিরাপে পরিণত করা হয়। সিরাপে অল্প গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইডের $ZnCl_2, H_2O$ উদগ্রাহী কেলাস পাওয়া যায়।

$$ZnCO_3 + 2HCl = ZnCl_2 + CO_2 + H_2O$$

কিন্তু সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডে পরিণত করা যায়

না, অনিবার্যভাবে ক্ষারকীয় ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ; $ZnCl_2, H_2O = Zn(OH)Cl + HCl$ সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইডকে অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডে পরিণত করিতে হইলে ইহাকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের স্রোতে উত্তপ্ত করা প্রয়োজন।

5.18 ধর্ম

অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড কাচের মত দেখিতে অত্যন্ত উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ। ইহা জল, অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন, ইথার বা পিরিডিনে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণে ইহা অল্প পরিমাণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ;

$$ZnCl_2 + H_2O = Zn(OH)Cl + HCl$$।

ইহার গাঢ় জলীয় দ্রবণে জটিল আয়ন $[ZnCl_4]^{=}$-এর অস্তিত্ব সনাক্ত করা যায়।

$$2ZnCl_2 \rightleftharpoons Zn[ZnCl_4] \rightleftharpoons Zn^{++} + [ZnCl_4]^{=}$$

ইহা অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিয়া $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ জটিল যৌগে রূপান্তরিত হয় এবং লেকল্যান্স কোষে $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ কেলাস পৃথক হইতে দেখা যায়।

5.19 ব্যবহার

(1) অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডকে নিরুদক এবং জৈব রসায়নে অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। (2) ঝালাই কার্যে এবং 'ভালকানাইজ্‌ড তন্তু' প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে। (3) সক্রিয় চারকোল প্রস্তুত করিতে, কাষ্ঠ সংরক্ষণে এবং দাঁতের গর্ত বন্ধ করিতেও জিঙ্ক ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

জিঙ্ক নাইট্রেট, $Zn(NO_3)_2$

5.20 প্রস্তুতি

লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে জিঙ্ক কার্বনেট দ্রবীভূত করিয়া কেলাসিত করিলে $Zn(NO_3)_2$, $6H_2O$-এর উদগ্রাহী বর্ণহীন কেলাস উৎপন্ন হয়। 9, 5, 4, 3, 2, 1 এবং $1\frac{1}{2}$ অণু কেলাস জল যুক্ত জিঙ্ক নাইট্রেট কেলাসেরও অস্তিত্ব আছে। $Zn(NO_3)_2$, $4H_2O$ কেলাসকে 130-135°C তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইড বাষ্পের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র জিঙ্ক নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$ZnCO_3 + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

5.21 ধর্ম

ইহা অত্যন্ত উদগ্রাহী বর্ণহীন কেলাস। উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয় ;

$$2Zn(NO_3)_2 = 2ZnO + 4NO_2 + O_2$$

জিঙ্ক সালফেট, $ZnSO_4$; হোয়াইট ভিট্রিয়ল, $ZnSO_4, 7H_2O$

5.22 প্রস্তুতি

(1) ধাতব জিঙ্ক, জিঙ্ক অক্সাইড বা জিঙ্ক কার্বনেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে পরিস্রুত করা হয়। অতঃপর পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পীভবনের

সাহায্যে গাঢ় করিয়া 39°C তাপমাত্রার নিম্নে কেলাসিত করিলে হোয়াইট ভিট্রিয়ল $ZnSO_4, 7H_2O$-এর বর্ণহীন, উদত্যাগী কেলাস পাওয়া যায়।

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\ ;\ ZnO+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2O$$
$$ZnCO_3+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2O+CO_2$$

(2) বৃহদায়তনে উৎপাদনের জন্য জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে 650°C হইতে 700°C তাপমাত্রায় অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহের মধ্যে তাপজারিত করা হয়;

$$ZnS+2O_2=ZnSO_4$$

অতঃপর তাপজারিত আকরিককে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা দ্রাবিত করিলে জিঙ্ক সালফেটের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে যথারীতি বাষ্পীভবনের সাহায্যে গাঢ় করিয়া 39°C-এর নিম্নে কেলাসিত করিলে হোয়াইট ভিট্রিয়লের কেলাস পাওয়া যায়।

জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রবণকে 70°C-এর ঊর্ধ্বে কেলাসিত করিলে $ZnSO_4, H_2O$ কেলাস উৎপন্ন হয়। সোদক কেলাসকে 280°C তাপমাত্রায় শুষ্ক বায়ুস্রোতে উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেট পাওয়া যায়।

5.23 ধর্ম

(1) হোয়াইট ভিট্রিয়ল স্বচ্ছ, বর্ণহীন, উদত্যাগী কেলাস। ইহা এপসাম লবণ ($MgSO_4, 7H_2O$) এবং গ্রীন ভিট্রিয়ল ($FeSO_4$ $7H_2O$ কেলাসের সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন।

(2) উত্তপ্ত করিলে হোয়াইট ভিট্রিয়ল 39°C-এর ঊর্ধ্বে এক অণু জল বর্জন করিয়া $ZnSO_4, 6H_2O$ কেলাসে এবং 70°C-এর ঊর্ধ্বে $ZnSO_4$, H_2O কেলাসে রূপান্তরিত হয়। তাপমাত্রা 280°C পৌঁছানোর মধ্যে ইহা সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেটে পরিবর্তিত হইয়া যায়। তাপমাত্রা 767° সেন্টিগ্রেডে পৌঁছাইলে অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেট বিয়োজিত হয়; $ZnSO_4=ZnO+SO_3$

(3) জিঙ্ক সালফেট লবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিলে প্রথমে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যাহা অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হইয়া যথাক্রমে সোডিয়াম জিঙ্কেট ও জটিল টেট্রামিন জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড (জিঙ্ক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড) গঠন করে;

$$ZnSO_4+2NaOH=Zn(OH)_2+Na_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2+2NaOH=Na_2ZnO_2+2H_2O$$
$$ZnSO_4+2NH_4OH=Zn(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2+4NH_4OH=[Zn(NH_3)_4](OH)_2+4H_2O$$

(4) জিঙ্ক সালফেট অনেক ক্ষার ধাতুর সালফেটের অথবা ক্ষারকীয় মৃত্তিকা ধাতুর সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া যুগ্ম লবণ (double salt) গঠন করে;

$$K_2SO_4+ZnSO_4+6H_2O=K_2SO_4,\ ZnSO_4,\ 6H_2O$$
$$MgSO_4+ZnSO_4+14H_2O=MgSO_4,\ ZnSO_4,\ 14H_2O\ /$$

(5) জিঙ্ক সালফেটের দ্রবণে বেরিয়াম সালফাইড যোগ করিলে জিঙ্ক সালফাইড ও বেরিয়াম সালফেটের মিশ্র অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে পরিস্রুত ও শুষ্ক করিয়া যে সাদা চূর্ণ পাওয়া যায়, তাহাকে লিথোপোন নামক পিগ্‌মেন্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়। $ZnSO_4 + BaS = BaSO_4 + ZnS$

5.24 ব্যবহার

জিঙ্ক সালফেটকে (1) রঞ্জন শিল্পে; (2) পিগমেন্ট ও ভার্নিস প্রস্তুতিতে; (3) অন্যান্য জিঙ্ক যৌগ প্রস্তুতিতে; (4) কাঠ ও চামড়া সংরক্ষণে; (5) অগ্নিরোধী করিবার কার্যে এবং (6) চক্ষু ধৌত করার দ্রবণ (**Eye lotion**) প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

জিঙ্ক কার্বনেট, $ZnCO_3$

ইহাকে প্রকৃতিতে ক্যালামাইন বা স্মিথসোনাইট আকরিক হিসাবে পাওয়া যায়।

5.25 প্রস্তুতি

(1) জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে জিঙ্ক কার্বনেটের সাদা চূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত হয়;

$$ZnSO_4 + 2NaHCO_3 = ZnCO_3 + Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

অধঃক্ষিপ্ত জিঙ্ক কার্বনেট চূর্ণকে বহুক্ষণ দ্রবণের সংস্পর্শে রাখিলে $ZnCO_3, H_2O$ উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম বাইকার্বনেটের পরিবর্তে সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হইলে ক্ষারকীয় জিঙ্ক কার্বনেট $2ZnCO_3, 3Zn(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। জিঙ্ক কার্বনেট অধঃক্ষেপকে জল দ্বারা ধৌত করিলেও উক্ত ক্ষারকীয় জিঙ্ক কার্বনেট পাওয়া যায়।

(2) জিঙ্ক সালফেট দ্রবণকে সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সহিত একটি বদ্ধ নলে লইয়া 160°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কেলাসাকার রূপে জিঙ্ক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

5.26 ধর্ম

সাধারণ তাপমাত্রায় অধঃক্ষিপ্ত জিঙ্ক কার্বনেট জলে অদ্রাব্য চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ। কিন্তু জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকিলে ইহা কিছু পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। জিঙ্ক কার্বনেট এবং ক্ষারকীয় জিঙ্ক কার্বনেট পটাসিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু দ্রবণে জল যোগ করিয়া লঘু করিলে আবার অধঃক্ষিপ্ত হয়। উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক কার্বনেট 140°C তাপমাত্রায় বিয়োজিত হইতে আরম্ভ করে এবং 300° সেন্টিগ্রেডে দ্রুত সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়; $ZnCO_3 = ZnO + CO_2$

5.27 ব্যবহার

ইহা চর্মরোগের মলম ও প্রসাধন দ্রব্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

5.28 জিঙ্ক যৌগের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

শুষ্ক পরীক্ষা: (1) ZnO বা $ZnCO_3$-এর মত কতগুলি জিঙ্ক যৌগকে টেস্ট টিউবে লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহারা হলুদবর্ণ হইয়া যায়, কিন্তু শীতল করিলে সাদা রঙ

আবার ফিরিয়া আসে। (2) জিঙ্ক যৌগের সহিত Na_2CO_3 মিশাইয়া চারকোল ব্লকে বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলেও উপরি-উক্ত ঘটনা ঘটে, অর্থাৎ উত্তপ্ত অবস্থায় হলুদ রঙ এবং শীতল অবস্থায় সাদা রঙ দেখিতে পাওয়া যায়। (3) উৎপন্ন অবশেষে এক বিন্দু কোবাল্ট নাইট্রেট $Co(NO_3)_2$ দ্রবণ মিশাইয়া পুনরায় উত্তপ্ত করিলে অবশেষ সবুজবর্ণ (রিনম্যানস গ্রীন) ধারণ করে।

সিক্ত পরীক্ষা : (1) অ্যাসিডযুক্ত জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণে H_2S চালিত করিলে কোন অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় না, কিন্তু NH_4Cl ও NH_4OH যুক্ত জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণে H_2S চালিত করিলে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়;

$$ZnCl_2+H_2S+2NH_4OH=ZnS+2NH_4Cl+2H_2O$$

(2) জিঙ্ক লবণের দ্রবণে $K_4[Fe(CN)_6]$ (পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড) দ্রবণ যোগ করিলে জিঙ্ক ফেরোসায়ানাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়;

$$K_4[Fe(CN)_6]+2ZnSO_4=Zn_2[Fe(CN)_6]+2K_2SO_4$$

(3) জিঙ্ক লবণের দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিলে প্রথমে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, যাহা অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হইয়া সোডিয়াম জিঙ্কেটে পরিণত হয়। পরিশেষে উৎপন্ন সোডিয়াম জিঙ্কেট দ্রবণে H_2S চালনা করিলে ZnS-এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$ZnCl_2+2NaOH=2NaCl+Zn(OH)_2$$

$$Zn(OH)_2+2NaOH=Na_2ZnO_2+2H_2O$$

$$Na_2ZnO_2+H_2S=ZnS+2NaOH$$

5.29 ক্যালসিয়াম ও জিঙ্কের তুলনা

(1) ক্যালসিয়াম ও জিঙ্ক পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত; ক্যালসিয়াম উপশ্রেণী IIA-এর মধ্যে এবং জিঙ্ক উপশ্রেণী IIB-এর মধ্যে অবস্থিত। ক্যালসিয়াম এবং IIA উপশ্রেণীর অন্য ধাতুগুলির স্থান পর্যায় সারণীতে ঠিক ক্ষারধাতুগুলির পরে, কিন্তু জিঙ্ক এবং IIB উপশ্রেণীর অন্য ধাতুগুলির স্থান মুদ্রাধাতুগুলির অব্যবহিত পরে।

ক্যালসিয়াম ও জিঙ্কের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

ক্যালসিয়াম $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

জিঙ্ক $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

IIA এবং IIB উভয় উপশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত ধাতুগুলিরই সর্ববহিস্থ স্তরে দুইটি করিয়া ইলেকট্রন থাকে। সেজন্য এগুলি সহজেই দুইটি করিয়া ইলেকট্রন বর্জন করিয়া দুই একক ধনাত্মক তড়িদাধান যুক্ত ক্যাটায়নে পরিণত হইতে পারে।

$$Ca \rightarrow Ca^{++}+2e\ ;\ Zn \rightarrow Zn^{++}+2e$$

(2) লক্ষণীয় যে, ক্যালসিয়ামের মত IIA উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলির আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ এবং সেইজন্য ইহাদের মধ্যে পরিবর্তনশীল যোজ্যতা পরিলক্ষিত হয় না। কিন্তু জিঙ্কের মত IIB উপশ্রেণীর আয়নে সর্ববহিস্থ স্তরে

থাকে d উপস্তরের দশটি ইলেকট্রন সমেত মোট আঠারোটি ইলেকট্রন এবং সেইজন্য ইহাদের মধ্যে সন্ধিগত মৌলের বৈশিষ্ট্য দেখিতে পাওয়া যায় এবং বৃহত্তর অর্থে ইহাদের সন্ধিগত মৌলসারির অন্তর্ভুক্ত করা হয়। তবে আভ্যন্তরীণ d উপস্তর দশটি ইলেকট্রনে পরিপূর্ণ থাকার জন্য ইহাদের পরিবর্তনশীল যোজ্যতা প্রদর্শনের প্রবণতা খুবই কম; জিঙ্কের যোজ্যতা সর্বক্ষেত্রেই দুই। বস্তুত IIA উপশ্রেণীর ধাতু এবং IIB উপশ্রেণীর ধাতুর মধ্যে কিছু কিছু বৈষম্য পরিলক্ষিত হইলেও সাদৃশ্য অন্তত IA এবং IB-এর তুলনামূলক বিচারে অনেক বেশি।

(3) ক্যালসিয়াম এবং IIA উপশ্রেণীভুক্ত অন্যান্য ধাতু (ইহাদের ক্ষারকীয় মৃত্তিকা ধাতুও বলা হয়) তীব্র তড়িৎ-ধনাত্মক কিন্তু জিঙ্ক এবং IIB উপশ্রেণীভুক্ত অন্যান্য ধাতু সেই তুলনায় অনেক কম তড়িৎ-ধনাত্মক। তবে ক্যালসিয়াম ও জিঙ্ক উভয়েই তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের অনেক উর্ধ্বে অবস্থিত। সেইজন্য উভয় ধাতুই অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে। জলের সহিত ক্যালসিয়াম সাধারণ তাপমাত্রাতেই বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন নির্গত করিতে পারে। কিন্তু জিঙ্ক জল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে কেবলমাত্র যদি ইহাকে চূর্ণাকারে অথবা জিঙ্ক কপার কাপল রূপে সক্রিয় অবস্থায় জলের সহিত ফুটানো হয়।

(4) ক্যালসিয়াম, জিঙ্ক এবং IIA ও IIB-এর অন্য সব ধাতুই উজ্জ্বল সাদা, তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। ক্যালসিয়াম ও জিঙ্কের কয়েকটি ভৌতধর্ম নিম্নরূপ:

ধাতু	গলনাঙ্ক	স্ফুটনাঙ্ক	আঃ গুরুত্ব	পারমাণবিক আয়তন
ক্যালসিয়াম	851°C	1439°C	1·55	25·9
জিঙ্ক	419·4	920°C	7·1	9·2

IIA উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলির তুলনায় IIB উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলি বেশি ভারী ও উদ্বায়ী।

(5) IIA উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলি IIB উপশ্রেণীভুক্ত ধাতুগুলির তুলনায় অধিকতর সক্রিয় বলিয়া ক্যালসিয়াম সহজেই আর্দ্র বায়ু দ্বারা আক্রান্ত হইয়া বিবর্ণ হয়। কিন্তু জিঙ্ক ধীরে ধীরে আক্রান্ত হয়। বায়ুতে দহন করিলে উভয় ধাতুই জলিয়া উঠে এবং বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। কিন্তু ক্যালসিয়াম একই সঙ্গে বায়ুর নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড গঠন করে, জিঙ্ক অনুরূপ বিক্রিয়া করিতে পারে না।

হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড (CaH_2) বা হাইড্রোলিথ নামের বর্ণহীন লবণ-জাতীয় আয়নীয় যৌগ উৎপন্ন করে, কিন্তু জিঙ্ক অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করিতে পারে না।

(6) ক্যালসিয়াম জিঙ্কের তুলনায় অধিকতর সক্রিয় বলিয়া ক্যালসিয়াম যৌগ হইতে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন, জিঙ্ক যৌগ হইতে জিঙ্ক নিষ্কাশন অপেক্ষা অধিকতর কষ্টসাধ্য। জিঙ্ক আকরিককে জিঙ্ক অক্সাইডে তাপজারিত করিয়া কার্বন বিজারণ পদ্ধতির সাহায্যে

সহজেই ধাতব জিঙ্কে পরিণত করা যায়। কিন্তু ক্যালসিয়ামকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতির সাহায্যে অত সহজে প্রস্তুত করা যায় না। ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনের জন্য গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করার প্রয়োজন হয়।

(7) ক্যালসিয়াম অক্সাইড, জিঙ্ক অক্সাইড এবং IIA এবং IIB উপশ্রেণীভুক্ত সকল ধাতুর অক্সাইডই ক্ষারকীয় ধর্ম প্রদর্শন করিতে পারে। ধাতুর তড়িৎ-ধনাত্মক চরিত্র কমিবার সঙ্গে সঙ্গে উহার অক্সাইডের ক্ষারকীয় ধর্ম কমিয়া যায় বলিয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড তীব্র ক্ষারক হইলেও জিঙ্ক অক্সাইড দুর্বল ক্ষারক। ক্যালসিয়াম অক্সাইড জলের সংস্পর্শে আসিলেই প্রচুর তাপমোচন করিয়া ক্ষার ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডকে ঐরূপ উপায়ে জিঙ্ক অক্সাইড হইতে প্রস্তুত করা যায় না। অন্য উপায়ে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড প্রস্তুত করা সম্ভব হইলেও উহা ক্ষার হিসাবে ব্যবহার করে না, জলে অদ্রাব্য দুর্বল ক্ষারক হিসাবেই ব্যবহার করে। জিঙ্ক অক্সাইড ও জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড উভধর্মী, উহাদের মধ্যে অ্যাসিড ধর্মও পরিলক্ষিত হয়।

(8) দুর্বলতর ক্ষারকের লবণ বলিয়া জিঙ্ক লবণগুলি জলীয় দ্রবণে কিছু পরিমাণ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়, কিন্তু ক্যালসিয়াম লবণগুলি হয় না। সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে কেলাস জল লবণটিকে আংশিকভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া ক্ষারকীয় ক্লোরাইডে পরিণত করে। তাই উক্ত উপায়ে অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না। কিন্তু সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত করা যায়।

(9) উভয় ধাতুর সালফেটই সাদা কেলাসাকার। $ZnSO_4, 7H_2O$ জলে খুব দ্রাব্য কিন্তু $CaSO_4, 2H_2O$-এর দ্রাব্যতা কম। উভয় ধাতুর নাইট্রেটই উদগ্রাহী, কেলাসাকার ও জলে দ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে নাইট্রেটগুলি বিয়োজিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। উভয় ধাতুর কার্বনেটকেই প্রকৃতিতে খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়। ক্যালসিয়াম লবণের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু জিঙ্ক লবণের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে অধঃক্ষেপ হিসাবে ক্ষারকীয় জিঙ্ক কার্বনেট পাওয়া যায়।

(10) বৃহত্তর অর্থে সন্ধিগত মৌল সারির অন্তর্ভুক্ত বলিয়া জিঙ্কের জটিল যৌগ গঠনের প্রবণতা আছে। কিন্তু ক্যালসিয়ামের ক্ষেত্রে ঐরূপ প্রবণতা খুবই অল্প।

সার-সংক্ষেপ

উৎস : জিঙ্কের প্রধান আকরিকের নাম জিঙ্ক ব্লেণ্ড ZnS, জিঙ্কাইট ZnO ইত্যাদি।

নিষ্কাশন : (A) **কার্বন বিজারণ পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিতে 4টি পর্যায় (1) আকরিক গাঢ়ীকরণ, (2) তাপজারণ, (3) বিজারণ বা বিগলন এবং (4) বিশোধন।

তৈলভাসন বা ফেনভাসন পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে 800°C-এ তাপজারিত করিলে প্রধান বিক্রিয়া :

$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$। তাপজারিত আকরিকে কোকচূর্ণ মিশাইয়া বকযন্ত্রে 1400°C-এ উত্তপ্ত করিলে অশুদ্ধিযুক্ত ধাতব জিঙ্ক পাওয়া যায়।

$ZnO+C=Zn+CO$। অশুদ্ধিযুক্ত জিঙ্ক বা জিঙ্ক স্পেল্টারকে পাতিত করিয়া বিশোধিত করা হয়।

(B) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে নিয়ন্ত্রিত অবস্থায় 700°C-এর নিম্নে এমনভাবে তাপজারিত করা হয় যে, ZnO-এর পরিবর্তে $ZnSO_4$ উৎপন্ন হয়; $ZnS+2O_2=ZnSO_4$। অতঃপর তাপজারিত আকরিককে লঘু H_2SO_4-এর সাহায্যে দ্রাবিত করিয়া জিঙ্ক ডাস্টের সাহায্যে Cu, Cd ইত্যাদি অশুদ্ধি হইতে মুক্ত করা হয়।

$Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu$। পরিশেষে দ্রবণকে উপযুক্ত পরিমাণ H_2SO_4-এর সাহায্যে আম্লিক করিয়া Pb অ্যানোড ও Al ক্যাথোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে অ্যানোডে O_2 ও ক্যাথোডে Zn উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া : $ZnSO_4=Zn^{++}+SO_4^{=}$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Zn^{++}+2e\rightarrow Zn$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $4OH^{-}\rightarrow 2H_2O+O_2+4e$

জিঙ্কের ধর্ম : জিঙ্ক নীলাভ সাদা ধাতু, তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। ইহা উভধর্মী ধাতু।

$2Zn+O_2=2ZnO$; Zn (চূর্ণ) + $2H_2O$ (ফুটন্ত) = $Zn(OH)_2+H_2$

$Zn+4HNO_3$ (গাঢ়) = $Zn(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$

$3Zn+8HNO_3$ (নাতি গাঢ়) = $3Zn(NO_3)_2+2NO+4H_2O$

$4Zn+10HNO_3$ (অতিলঘু, উষ্ণ) = $4Zn(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$

$Zn+H_2SO_4$ (লঘু) = $ZnSO_4+H_2$

$Zn+2H_2SO_4$ (গাঢ়) = $ZnSO_4+SO_2+2H_2O$

$Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2$

$Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu$

$Zn+Fe_2(SO_4)_3=ZnSO_4+2FeSO_4$

গ্যালভানাইজেশন : পরিষ্কৃত লৌহসামগ্রীকে বিগালক NH_4Cl-যুক্ত গলিত জিঙ্কের মধ্যে ডুবাইলে উহার উপর জিঙ্কের একটি প্রলেপ পড়ে যাহা আয়রনকে মরিচা পড়ার হাত হইতে রক্ষা করে। এই পদ্ধতিকে গ্যালভানাইজেশন বলে।

ব্যবহার : মরিচা হইতে আয়রনকে রক্ষা করিবার জন্য প্রলেপ হিসাবে; তড়িৎ-কোষের অ্যানোড, লিথোগ্রাফ প্লেট, পিতল ও অন্যান্য সংকর ধাতু প্রস্তুতিতে; জিঙ্ক অক্সাইড পিগমেন্ট উৎপাদনে, পরীক্ষাগারে বিজারক হিসাবে এবং অন্যান্য বহু কাজে ইহাকে ব্যাপক ভাবে ব্যবহার করা হয়।

জিঙ্ক অক্সাইড, ZnO

প্রস্তুতি : জিঙ্ক ধাতুর বাষ্পকে বায়ুর অক্সিজেনে দহন করিয়া অক্সাইডে পরিণত করিলে জিঙ্কঅক্সাইড পিগমেণ্ট বা হোয়াইট জিঙ্ক পাওয়া যায়।

ধর্ম : সাদা চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ। জলে অদ্রাব্য। উভধর্মী অক্সাইড।

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

$$2NaOH + ZnO = Na_2ZnO_2 + H_2O$$

$$ZnO + C\text{ (লোহিত তপ্ত)} = Zn + CO$$

ব্যবহার : অয়েল পেণ্ট প্রস্তুতিতে, রবার ভ্যালকানাইজেশনে, চীনামাটির উপর প্রলেপ দিতে, চর্মরোগের মলম প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড, $Zn(OH)_2$

প্রস্তুতি : জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণে সঠিক পরিমাণ NaOH দ্রবণ যোগ করিলে ইহা অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$

ধর্ম : ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য, উভধর্মী হাইড্রক্সাইড।

$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$$

$$2NaOH + Zn(OH)_2 = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

ব্যবহার : জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড জিঙ্ক পারঅক্সাইড মিশ্রণকে অস্ত্রোপচারে ও চর্মরোগে ব্যবহার করা হয়।

জিঙ্ক ক্লোরাইড, $ZnCl_2$

প্রস্তুতি : ZnO বা $ZnCO_3$-কে লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিয়া কেলাসিত করিলে $ZnCl_2, H_2O$-এর সোদক উদগ্রাহী কেলাস পাওয়া যায়।

$$ZnCO_3 + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O + CO_2$$

কিন্তু এই সোদক কেলাসকে উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র $ZnCl_2$ প্রস্তুত করা যায় না।

$$ZnCl_2, H_2O \overset{\Delta}{=} Zn(OH)Cl + HCl$$

উত্তপ্ত জিঙ্কের উপর দিয়া Cl_2 বা HCl গ্যাস চালনা করিয়া অনার্দ্র $ZnCl_2$ প্রস্তুত করা হয় ; $Zn + Cl_2 = ZnCl_2$

ধর্ম : অনার্দ্র $ZnCl_2$ কাচের মত দেখিতে অত্যন্ত উদগ্রাহী কঠিন। জলীয় দ্রবণে ইহা অল্পপরিমাণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় ; $ZnCl_2 + H_2O = Zn(OH)Cl + HCl$

ব্যবহার : অনার্দ্র $ZnCl_2$-কে নিরুদক ও অনুঘটক হিসাবে ; ঝালাই কার্যে, সক্রিয় চারকোল প্রস্তুতি ইত্যাদি কাজে ব্যবহার করা হয়।

জিঙ্ক নাইট্রেট, $Zn(NO_3)_2$

প্রস্তুতি : লঘু HNO_3-তে $ZnCO_3$ দ্রবীভূত করিয়া কেলাসিত করিলে $Zn(NO_3)_2, 6H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

$$ZnCO_3 + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

ধর্ম : উদগ্রাহী বর্ণহীন কেলাস। উত্তপ্ত করিলে ZnO, NO_2-তে বিয়োজিত হয়।

$$2Zn(NO_3)_2 = 2ZnO + 4NO_2 + O_2$$

জিঙ্ক সালফেট, $ZnSO_4$; হোয়াইট ভিট্রিয়ল, $ZnSO_4, 7H_2O$

প্রস্তুতি : Zn, ZnO বা $ZnCO_3$-কে লঘু H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় কেলাসিত করিলে $ZnSO_4, 7H_2O$-এর বর্ণহীন উদত্যাগী কেলাস পাওয়া যায়।

$$ZnCO_3 + H_2SO_4 = ZnSO_4 + CO_2 + H_2O$$

শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে 700°C-এর নিম্নে তাপজারিত করিয়া লঘু H_2SO_4-এর সাহায্যে দ্রাবিত করা হয়। $ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$

ধর্ম : হোয়াইট ভিট্রিয়ল স্বচ্ছ বর্ণহীন উদত্যাগী কেলাস।

$$ZnSO_4, 7H_2O \xrightarrow[280°C]{\triangle} ZnSO_4 \xrightarrow[767°C]{\triangle} ZnO + SO_3$$

$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

$$ZnSO_4 + BaS = BaSO_4 + ZnS \text{ (লিথোপোন)}$$

ব্যবহার : রঞ্জনশিল্পে, পিগমেন্ট ও ভার্নিস প্রস্তুতিতে, কাঠ ও চামড়া সংরক্ষণে অগ্নিরোধী করিবার কার্যে, আইলোশান প্রস্তুতিতে।

জিঙ্ক কার্বনেট, $ZnCO_3$

প্রস্তুতি : প্রকৃতিতে ক্যালামাইন নামক আকরিক হিসাবে পাওয়া গেলেও জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণে $NaHCO_3$ দ্রবণ যোগ করিয়া সহজেই ইহাকে প্রস্তুত করা যায় ;

$$ZnSO_4 + 2NaHCO_3 = ZnCO_3 + Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

ধর্ম : জলে অদ্রাব্য চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ। উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হয়।

$$ZnCO_3 \overset{\triangle}{=} ZnO + CO_2$$

ব্যবহার : চর্মরোগের মলম এবং প্রসাধন সামগ্রী প্রস্তুতিতে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. কপার ও জিঙ্কের আকরিক হইতে ধাতুদ্বয়কে নিষ্কাশিত ও পরিশোধিত করিতে যে-সকল পদ্ধতি প্রযুক্ত হয় তাহাদের রাসায়নিক তত্ত্ব ও বিক্রিয়া লিপিবদ্ধ কর। (অঙ্কন বা নিষ্কাশন পদ্ধতির বিশদ বিবরণ প্রয়োজন নাই।) [J. E. 1979]

2. জিঙ্ক ধাতুর আকরিকের নাম লিখ। উহার নিষ্কাশন-পদ্ধতি সমীকরণসহ আলোচনা কর। গ্যালভ্যানাইজেশন কি ? উহার উপকারিতা কি ? দস্তার আরও দুইটি ব্যবহার লিখ। [H. S. 1980]

3. (a) সঙ্কেতসহ জিঙ্কের তিনটি আকরিকের নাম লিখ।

(b) জিঙ্কের সালফাইড আকরিক হইতে ইহার নিষ্কাশন রাসায়নিক সমীকরণসহ বর্ণনা কর। [J. E. 1980]

4. টীকা লিখ : (a) গ্যালভ্যানাইজেশন (Tripura, '81), (b) শেরার্ডাইজিং (sherardizing), (c) তড়িৎ-অবক্ষেপণ (electrodeposition), (d) জিঙ্ক ডাস্ট (Zinc dust)।

5. জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া কি জিঙ্ক ধাতু নিষ্কাশন করা সম্ভব? সিক্ত পদ্ধতিতে জিঙ্ক ধাতু নিষ্কাশন প্রণালী বর্ণনা কর। জিঙ্কের দুইটি সংকর ধাতুর নাম, উপাদান ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

6. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রস্তুত পদ্ধতি ও ব্যবহার লিখ :

(a) অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড, (b) হোয়াইট ভিট্রিয়ল, (c) হোয়াইট জিঙ্ক, (d) ক্যালামাইন।

7. পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীর A উপশ্রেণীতে ক্যালসিয়াম এবং দ্বিতীয় শ্রেণীর B উপশ্রেণীতে জিঙ্ককে অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। এই অন্তর্ভুক্তির যৌক্তিকতা সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

8. কিরূপে জিঙ্ক লবণকে শুষ্ক ও সিক্ত পরীক্ষার সাহায্যে সনাক্ত করিবে? প্রয়োজনীয় রাসায়নিক সমীকরণগুলি লিখ।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ :

(a) জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ কষ্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করা হইল। [H. S. 1978]

(b) কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক ডুবানো হইল। [H. S. 1979]

(c) কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্কের টুকরা সারারাত ডুবাইয়া রাখিয়া পরদিন দ্রবণটি ফুটানো হইল।

(d) জিঙ্ক নাইট্রেট কেলাস উত্তপ্ত করা হইল।

(e) জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করা হইল।

(f) জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে বেরিয়াম সালফাইড দ্রবণ যোগ করা হইল।

2. (a) তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে জিঙ্ক হাইড্রোজেনের ঊর্ধ্বে অবস্থিত। তবু ইহাকে ইহার লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে নিষ্কাশন করা সম্ভব কেন?

(b) সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিয়া কেন অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডে পরিণত করা যায় না?

(c) ফেনভাসন পদ্ধতিতে আকরিক গাঢ়ীকরণের সময় জিঙ্ক আকরিক কেন ফেনার সহিত ভাসিয়া উঠে?

(d) জিঙ্ক ব্লেণ্ডের তাপজারণের সময় তাপমাত্রা 767°C-এর উপরে রাখা হয় কেন ?

(e) জিঙ্ক নিষ্কাশনের বিজারণ পর্যায়ে প্রোলং-এর মধ্যে জিঙ্কের সহিত কিছু জিঙ্ক অক্সাইডও সঞ্চিত হয় কেন ?

(f) লেবরেটরিতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে কেন বিশুদ্ধ জিঙ্কের ডেলার বদলে বাণিজ্যিক জিঙ্কের ছিবড়া ব্যবহৃত হয় ?

(g) গ্যালভানাইজেশনের সময় গলিত জিঙ্কের মধ্যে কেন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করা হয় ?

3. একটি ধাতু [A] কে ক্লোরিন স্রোতে উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরাইড লবণে পরিণত করা হইল। উৎপন্ন লবণকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে ধীরে ধীরে কষ্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করা হইল। প্রথমে একটি সাদা অধঃক্ষেপ [B] উৎপন্ন হইয়া পরে অতিরিক্ত কষ্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য যৌগ [C]-তে পরিণত হইল। [C]-এর দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করার ফলে [D]-এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। [A], [B], [C] ও [D]-কে সনাক্ত করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে উপযুক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।

4. একটি সংকর ধাতুকে গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্যে তাপপ্রয়োগে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটিতে জল মিশাইয়া লঘু করা হইল। অতঃপর ঐ লঘুকৃত দ্রবণে H_2S চালনা করায় একটি কাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইল। দ্রবণ হইতে ফিল্টার করিয়া কাল অধঃক্ষেপ দূরীভূত করিবার পর দ্রবণে NH_4Cl ও অতিরিক্ত পরিমাণ NH_4OH যোগ করা হইল এবং পুনরায় H_2S চালনা করা হইল। এই দ্বিতীয়বার যে অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইল তাহার রঙ সাদা। কাল রঙের প্রথম অধঃক্ষেপকে লঘু HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া অতিরিক্ত পরিমাণ NH_4OH যোগ করিলে দ্রবণ শেষ পর্যন্ত ঘন নীলবর্ণ ধারণ করিল। অপরপক্ষে সাদা রঙের অধঃক্ষেপকে অল্প পরিমাণ লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিয়া $K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণ যোগ করায় পুনরায় একটি সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইল।

সংকর ধাতুতে উপস্থিত উপাদান ধাতু দুইটিকে সনাক্ত কর এবং পরীক্ষাকালে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে উপযুক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।

5. ইলেকট্রন বিন্যাসে Ca $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

এবং Zn $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

উপরি-উক্ত বিন্যাস দেখিয়া নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :

(a) Zn ও Ca পর্যায় সারণীতে কোন্ শ্রেণী ও কোন্ উপশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত ? (b) ঐ ধাতুগুলির মধ্যে কোন্‌টির পারমাণবিক আয়তন বৃহত্তর ? (c) উহাদের কোন্‌টি ক্ষারকীয় ধর্মে দুর্বলতর ? (d) উহাদের কোন্‌টির যোজ্যতা কত ? (e) উহাদের কোন্‌টি জটিল যৌগ গঠন করিতে সক্ষম ?

৬

অ্যালুমিনিয়াম ও উহার কয়েকটি যৌগ
ALUMINIUM AND SOME OF ITS COMPOUNDS

চিহ্ন Al
পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 13

পারমাণবিক গুরুত্ব 26·97
ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

6.1 অবস্থান

অ্যালুমিনিয়ামকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায় না। কিন্তু ইহার যৌগসমূহ বিপুল পরিমাণে প্রকৃতিতে ছড়াইয়া রহিয়াছে। মৃত্তিকা এবং বিভিন্ন সিলিকেট শিলার অন্যতম উপাদান হিসাবে ইহা পৃথিবীপৃষ্ঠের সংগঠক উপাদানসমূহের মোট পরিমাণের প্রায় 8%। ইহার নিম্নলিখিত খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য :

(1) অক্সাইড : কোরাণ্ডাম এবং এমারি Al_2O_3 ; ডায়াস্পোর Al_2O_3, H_2O ; বক্সাইট $Al_2O_3, 2H_2O$; গিবসাইট $Al_2O_3, 3H_2O$। বেগুনি অ্যামেথিস্ট, লাল রুবি (চুনি), নীল স্যাফায়ার (নীলা), হলুদ টোপাজ, সবুজ এমারাল্ড (পান্না) ইত্যাদি মূল্যবান মণিগুলি, সামান্য পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ, আয়রন, কোবাল্ট, টাইটেনিয়াম, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি অশুদ্ধিযুক্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ব্যতীত আর কিছুই নহে।

(2) ফ্লুয়োরাইড : ক্রায়োলাইট AlF_3, $3NaF$ কেবলমাত্র গ্রীনল্যাণ্ডে পাওয়া যায়।

(3) সিলিকেট : ফেল্‌সপার $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$; কেয়োলিন (চীনামাটি) $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$ এবং বিভিন্ন প্রকার মাইকা (অভ্র)।

(4) সালফেট : অ্যালুনাইট বা অ্যালামস্টোন K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $4Al(OH)_3$।

(5) ফসফেট : টারকুইস (Turquoise) $AlPO_4, Al(OH)_3, H_2O$।

(6) অ্যালুমিনেট : স্পাইনেল MgO, Al_2O_3।

অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট সাধারণ মৃত্তিকা এবং অনেক শিলার অন্যতম প্রধান উপাদান। কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন অত্যন্ত ব্যয়বহুল ও কষ্টসাধ্য বলিয়া ঐগুলিকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে আকরিক হিসাবে ব্যবহার করা হয় না। একমাত্র বক্সাইট আকরিক হইতেই পৃথিবীর সর্বত্র অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত হয়। ভারতবর্ষে কাটনি, বেলগাঁও, কোলাপুর, রাঁচী, লাহারডাঙা, ভূপাল প্রভৃতি স্থানে বক্সাইটের খনি আছে। বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের কারখানা আছে আসানসোলের জে কে নগরে, কেরালার আলওয়েতে, উড়িষ্যার হীরাকুঁদে এবং উত্তরপ্রদেশের রিহান্দ বাঁধ অঞ্চলে।

6.2 ইতিহাস

যদিও অনেকে 1827 খ্রীস্টাব্দে প্রথম অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করিয়াছিলেন বলিয়া

ভলারকে মর্যাদা দেন, তথাপি প্রকৃতপক্ষে ঐ সময়ের দুই বৎসর পূর্বেই 1825 খ্রীস্টাব্দে ওয়েরস্টেড নামক একজন ডেনমার্কবাসী অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে পটাসিয়াম পারদ সংকরের সহিত উত্তপ্ত করিয়া ধাতব অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করিতে সমর্থ হইয়াছিলেন। 1845 খ্রীস্টাব্দে হেনরি সেন্টক্লেয়ার ডি ভিল সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের ($NaAlCl_4$) সহিত ধাতব সোডিয়াম উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনে সক্ষম হন। $NaAlCl_4 + 3Na = 4NaCl + Al$। ঐ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদন প্রায় চার দশক কাল অব্যাহত ছিল, কিন্তু উৎপাদন-ব্যয় হইত অত্যধিক, প্রতি পাউণ্ড প্রায় 100 ডলার। বিকল্প পদ্ধতি হিসাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের প্রাথমিক প্রয়াস ব্যর্থ হইয়াছিল। কারণ তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে অ্যালুমিনিয়াম এত উচ্চে অবস্থিত যে, উহার লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যালুমিনিয়ামের পরিবর্তে সর্বদাই হাইড্রোজেন মুক্ত হইত। অপরপক্ষে Al_2O_3-এর গলনাঙ্ক অত্যুচ্চ (2050°C) বলিয়া উহাকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করাও সম্ভবপর হয় নাই। 1886 খ্রীস্টাব্দে চার্লস হল অ্যামেরিকার এবং পল হেরন্ট ফ্রান্সে গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের আধুনিক পদ্ধতি প্রবর্তন করেন। অ্যালুমিনিয়ামের মূল্য অকস্মাৎ পাউণ্ড প্রতি 100 ডলার হইতে পাউণ্ড প্রতি 2 ডলারে নামিয়া আসে এবং ক্রমশ কমিয়া দ্বিতীয় মহাযুদ্ধোত্তর কালে দাঁড়ায় (অ্যামেরিকায়) মাত্র 20 সেণ্ট।

6.3 অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতি

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের গলনাঙ্ক 2050°C বলিয়া ইহাকে গলিত করা কষ্টকর। সেজন্য অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে 900°-950°C তাপমাত্রায় গলিত ক্রায়োলাইটে (অধিকাংশ ক্ষেত্রে ফ্লুয়োরস্পার মিশ্রিত অবস্থায়) দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতির মধ্যে তিনটি পর্যায় আছে: (a) বক্সাইটের শোধন, (b) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ এবং (c) অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন।

6.4 বক্সাইটের শোধন

(a) **বায়ার পদ্ধতি (Bayer's Process):** বক্সাইটকে শোধন করার জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। যে-সকল বক্সাইট আকরিকে কম পরিমাণ (7% অপেক্ষা কম) সিলিকা অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে সেগুলিকে এই পদ্ধতিতে শোধন করা হয়। বক্সাইট আকরিককে উত্তমরূপে ভস্মীকৃত ও চূর্ণিত করিয়া 45% কস্টিক সোডা দ্রবণের (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·45) সহিত একটি অটোক্লেভে 150°C তাপমাত্রায়, প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 80 পাউণ্ড চাপে, 2 হইতে 8 ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায়, কিন্তু প্রধান অশুদ্ধি ফেরিক অক্সাইড দ্রবীভূত হয় না। সিলিকা অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকিলে কিছু অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে সঙ্গে লইয়া অদ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটে

পরিণত হয়। বিক্রিয়াশেষে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে উত্তপ্ত অবস্থায় ফিলটার করিয়া 'রেড মাড' নামে পরিচিত অদ্রাব্য অংশ হইতে পৃথক করা হয় ;

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

অতঃপর পরিস্রুত দ্রবণকে লঘু ও শীতল করিবার পর 20°-35 C তাপমাত্রায় কয়েক ঘণ্টা আলোড়িত করিয়া আর্দ্রবিশ্লেষিত করা হয়। আর্দ্রবিশ্লেষণ ত্বরান্বিত করিবার জন্য এই সময়ে পূর্বপর্যায়ে প্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপের একটি অংশকে বীজ হিসাবে (seeding) দ্রবণে যোগ করা হয়। আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপকে অতঃপর ফিলটার ও শুষ্ক করিয়া 1100°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা পাওয়া যায় ;

$$2NaAlO_2 + 4H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 2NaOH \; ; \; 2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ফিলটার করিয়া পৃথক করার পর পরিস্রুত লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণকে গাঢ় করিয়া পুনরায় বক্সাইট দ্রবীভূত করিবার কার্যে ব্যবহার করা হয়। রেড মাডকে কোল গ্যাস শোধন করিবার জন্য ব্যবহার করা যায়।

বিঃ দ্রঃ বক্সাইটে অধিক পরিমাণ সিলিকা থাকিলে অধিক পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড অদ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় বলিয়া ঐরূপ আকরিকের ক্ষেত্রে বায়ার পদ্ধতি উপযুক্ত নহে। 50-55% অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড এবং 7% অপেক্ষা কম সিলিকা আছে এমন বক্সাইট আকরিকের পক্ষেই বায়ার পদ্ধতি সর্বাপেক্ষা বেশি উপযুক্ত।

(b) গলন বা চুল্লী পদ্ধতি (Fusion or Furnace Process) : এই পুরাতন পদ্ধতিতে উত্তমরূপে চূর্ণিত বক্সাইট আকরিককে সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে প্রায় 1100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট ঐ তাপমাত্রায় গলিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয়। একই সঙ্গে আকরিকে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত ফেরিক অক্সাইড এবং সিলিকা যথাক্রমে সোডিয়াম ফেরাইট ও সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন করে। $Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2$

$$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaFeO_2 + CO_2$$

বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন মিশ্রণকে শীতল করিয়া সামান্য কস্টিক সোডা-মিশ্রিত জলে প্রায় 80°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবীভূত হইয়া যায়। সিলিকা প্রধানত সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত অবস্থায় থাকে এবং সোডিয়াম ফেরাইট আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া অদ্রাব্য সোদক ফেরিক অক্সাইড (রেড মাড) উৎপন্ন করে ; $NaFeO_2 + 2H_2O = Fe(OH)_3 + NaOH$; $2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$। অতঃপর সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে ফিল্টার করিয়া ফেরিক

অক্সাইড হইতে পৃথক করা হয় এবং উহার মধ্যে 50°-60°C তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় ;

$$2NaAlO_2 + 3H_2O + CO_2 = Na_2CO_3 + 2Al(OH)_3$$

পরিশেষে অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে ফিলটার, ধৌত ও শুষ্ক করিয়া 1100°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণের সাহায্যে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনায় পরিণত করা হয় ;

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$ ।

পরিস্রুত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতি বর্তমানে কদাচিৎ ব্যবহৃত হয়।

(c) **রেড মাড পদ্ধতি (Red mud Process)** : এই পদ্ধতি পুরাতন গলন পদ্ধতির এক নব সংস্করণ। এই পদ্ধতিতে বায়ার পদ্ধতিতে উৎপন্ন 'রেড মাড' হইতে অথবা 15% পর্যন্ত সিলিকা আছে এমন নিকৃষ্ট বক্সাইট আকরিক হইতে অ্যালুমিনা নিষ্কাশন করা হয়।

এই পদ্ধতি অনুসারে শুষ্ক রেড মাড অথবা নিকৃষ্ট বক্সাইট আকরিককে সোডিয়াম কার্বনেট এবং চুনাপাথরের সহিত মিশ্রিত করিয়া পুরাতন পদ্ধতির মতই চুল্লীতে 1100°C-এর ঊর্ধ্বে আংশিকভাবে গলিত করা হয়। অতঃপর উৎপন্ন মিশ্রণকে জল দ্বারা দ্রাবিত করিলে আয়রন ফেরিক অক্সাইড হিসাবে এবং সিলিকা ডাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট হিসাবে অদ্রাব্য থাকিয়া যায়, কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সোডিয়াম অ্যালুমিনেট হিসাবে দ্রবণে চলিয়া আসে। $Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2$

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \; ; \; 2CaO + SiO_2 = Ca_2SiO_4$$

সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে অদ্রাব্য অংশ হইতে ফিলটার করার পর বায়ার পদ্ধতি অনুসারে লঘু করিয়া অথবা পুরাতন পদ্ধতি অনুসারে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করা যায়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে পরিশেষে 1100°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়।

(d) **পেডারসন পদ্ধতি (Pederson Process)** : এই পদ্ধতিতে আয়রন আকরিক, কোক, চুন এবং বক্সাইটকে উত্তমরূপে চূর্ণিত অবস্থায় মিশ্রিত করিয়া তড়িৎ-চুল্লীতে বিগলিত করা হয়। বিগলনের ফলে ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট ধাতুমল উৎপন্ন হয়, যাহার মধ্যে প্রায় 40% অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড এবং সামান্য পরিমাণ (5 – 10%) সিলিকা থাকে। ব্যবহৃত আয়রন আকরিকের মানও উন্নত হয় এবং এই উচ্চমানের আয়রন আকরিক এই পদ্ধতির একটি গুরুত্বপূর্ণ উপজাত সামগ্রী।

উৎপন্ন ধাতুমলকে চূর্ণিত করিয়া 5% Na_2CO_3 ও 0·5% NaOH-যুক্ত উষ্ণ জলীয় দ্রবণ দ্বারা দ্রাবিত করিলে দ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনেট এবং অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে ফিলটার করিয়া পৃথক করার পর সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে যথারীতি ফিলটার, ধৌত ও শুষ্ক করার পর 1100°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়।

(e) **সারপেক পদ্ধতি (Serpek Process) :** অধুনা অপ্রচলিত সারপেক পদ্ধতিতে বক্সাইট ও কোকচূর্ণের মিশ্রণকে প্রডিউসার গ্যাসের স্রোতে একটি ঘূর্ণায়মান চুল্লীর মধ্যে প্রায় 1800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। কার্বন বক্সাইটকে বিজারিত করিয়া অ্যালুমিনিয়ামকে মুক্ত করে, যাহা তৎক্ষণাৎ প্রডিউসার গ্যাসে উপস্থিত নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডে পরিণত হয় ;

$$Al_2O_3+3C+N_2=2AlN+3CO$$

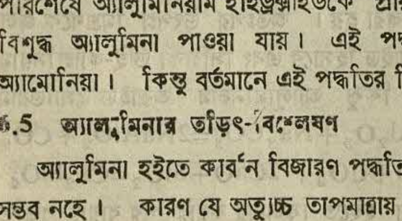
ঘূর্ণায়মান চুল্লীর উপরাংশে অবস্থিত একটি হপারের মাধ্যমে চুল্লীর মধ্যে বক্সাইট ও কোকচূর্ণের মিশ্রণ ঢালা হয় এবং চুল্লীর নিম্নাংশে প্রডিউসার গ্যাস অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। বক্সাইট-কোক মিশ্রণ ধীরে ধীরে চুল্লীর মধ্যে অবতরণ করিবার সময়ে বিক্রিয়াজাত উত্তপ্ত গ্যাসের সংস্পর্শে বিক্রিয়ারম্ভের পূর্বেই উত্তপ্ত হইয়া উঠে। অতঃপর উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে উত্তপ্ত লঘু ক্ষার দ্রবণ দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়ায় পরিণত করা হয় ;

$$AlN+3H_2O=Al(OH)_3+NH_3$$

পরিশেষে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে প্রায় 1100°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে একটি মূল্যবান উপজাত সামগ্রী অ্যামোনিয়া। কিন্তু বর্তমানে এই পদ্ধতির বিশেষ প্রচলন নাই।

6.5 অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ

অ্যালুমিনা হইতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতির সাহায্যে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব নহে। কারণ যে অত্যুচ্চ তাপমাত্রায় এই বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে সেই তাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়াম ধাতু বাষ্পাকারে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় নির্গত হয়। উৎপন্ন ধাতব বাষ্পকে শীতল করিয়া কঠিনীভূত করাও সম্ভব নহে, কারণ নিম্নতর তাপমাত্রায় বিপরীতমুখী বিক্রিয়া প্রাধান্য লাভ করিয়া অ্যালুমিনিয়ামকে পুনরায় অ্যালুমিনায় জারিত করে।



চিত্র 6.1 অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন

তাই অ্যালুমিনাকে বিজারিত করিবার জন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্য গ্রহণ করা আবশ্যক। কিন্তু এক্ষেত্রেও বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক 2050°C হইবার জন্য অ্যালুমিনাকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা কষ্টকর। সেজন্য বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে 900° – 950°C তাপমাত্রায় গলিত ক্রায়োলাইট ফ্লুয়োরস্পার মিশ্রণের মধ্যে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়।

অ্যালুমিনা, ক্রায়োলাইট ও ফ্লুয়োরস্পার মিশ্রণের ইউটেকটিক বিন্দু (নিম্নতম

গলনাঙ্ক) 868°C, যখন উহাদের শতকরা অনুপাত 17·7 : 59·3 : 23। প্রায় 20 : 60 : 20 অনুপাতে মিশ্রিত মিশ্রণকে 900°C তাপমাত্রায় গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা যায়। কিন্তু আধুনিক পদ্ধতিতে সাধারণত 5 – 10% অ্যালুমিনা ও 90 – 95% ক্রায়োলাইট মিশ্রণে, ব্যবহৃত ক্রায়োলাইটের প্রায় 36% ফ্লুয়োরস্পার যোগ করিয়া, 950°C তাপমাত্রায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য 6 ফুট দৈর্ঘ্য 3 ফুট প্রস্থ ও 3 ফুট উচ্চতাবিশিষ্ট কার্বন ব্লকের বা গ্রাফাইটের আস্তরণযুক্ত আয়রন-নির্মিত চৌবাচ্চা ব্যবহার করা হয়। কার্বন আস্তরণ ক্যাথোডের কাজ করে। অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয় একটি আনুভূমিক কপার-দণ্ডের সহিত সংযুক্ত অনেকগুলি গ্রাফাইট দণ্ড বা পেট্রোলিয়াম কোক, পিচ ও আলকাতরা দ্বারা প্রস্তুত উল্লম্ব কার্বন-দণ্ড। ব্যবহৃত ভোল্টেজ 5-6 ভোল্ট। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে উপস্থিত অ্যালুমিনার পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা কমিয়া গেলে কোষের রোধ খুব বাড়িয়া যায় এবং কোষের তড়িদ্দ্বারের সহিত সমান্তরালভাবে যুক্ত একটি বর্তনীতে ইলেকট্রিক বাল্ব উজ্জ্বল হইয়া উঠে। এই সময়ে চৌবাচ্চার মধ্যে নূতন করিয়া অ্যালুমিনা যোগ করা প্রয়োজন। অ্যালুমিনা যোগ করা না হইলে ক্রায়োলাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ শুরু হইয়া অ্যানোডে ফ্লুয়োরিন মুক্ত হয় এবং কার্বনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন টেট্রাফ্লুয়োরাইড উৎপন্ন করে।

বিক্রিয়া : $Al_2O_3 \rightleftharpoons 2Al^{+++} + 3O^{=}$

ক্যাথোডে : $Al^{+++} + 3e \longrightarrow Al$

অ্যানোডে : $O^{=} \longrightarrow [O] + 2e$

ক্যাথোডে মুক্তিপ্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়াম ধাতু (গলনাঙ্ক 659°C) তরল অবস্থায় চৌবাচ্চার তলদেশে সঞ্চিত হয় এবং মধ্যে মধ্যে নির্গমপথের মাধ্যমে বাহির করা হয়। অ্যানোডে মুক্তিপ্রাপ্ত জায়মান অক্সিজেন তৎক্ষণাৎ কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ; $[O] + C \longrightarrow CO$; $2[O] + C \longrightarrow CO_2$। ফলে অ্যানোড ক্রমশ ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকে এবং মধ্যে মধ্যে পুরাতন ক্ষয়প্রাপ্ত অ্যানোডকে নূতন কার্বন অ্যানোড দ্বারা প্রতিস্থাপন করার প্রয়োজন হয়। উৎপন্ন অক্সিজেন দ্বারা কার্বন অ্যানোডের ক্ষয় হ্রাস করার জন্য ইউরোপের কয়েকটি দেশে গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপর কোকচূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে উৎপন্ন অক্সিজেনের একাংশ তড়িদ্দ্বার আক্রমণ না করিয়া কোকচূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করে। এতদ্ব্যতীত কোকচূর্ণ অর্ধপরিবাহী হিসাবে ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে একটি রোধযুক্ত তাপ-উৎপাদক বর্তনী সৃষ্টি করে এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপরিভাগ গলিত অবস্থায় রাখিতে সুবিধা হয়।

বি. দ্র. (1) ক্রায়োলাইট শুধুমাত্র গ্রীনল্যাণ্ডে পাওয়া যায়। সেইজন্য বর্তমানে সংশ্লেষিত উপায়ে ক্রায়োলাইট প্রস্তুত করিবার কয়েকটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হইতেছে। একটি পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত সোডার উপস্থিতিতে হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হয়। অপর এক পদ্ধতিতে জলীয় দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম

ফ্লুয়োরাইড, অ্যামোনিয়াম ফ্লুয়োরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রেট মিশ্রিত করিয়া কেলাসিত করা হয় ; $AlF_3+3NH_4F+3NaNO_3=AlF_3, 3NaF+3NH_4NO_3$

(2) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে Al^{+++} ও $O^{=}$ আয়ন ব্যতীতও ক্রায়োলাইটের আয়নীভবনের ফলে উৎপন্ন Na^{+} ও F^{-} আয়ন উপস্থিত থাকে। কিন্তু Al^{+++} ও $O^{=}$ আয়নের মুক্তিবিভবের মান, যথাক্রমে Na^{+} ও F^{-} আয়ন অপেক্ষা কম হওয়ায় ক্যাথোডে শুধুমাত্র অ্যালুমিনিয়াম এবং অ্যানোডে শুধুমাত্র অক্সিজেনই মুক্তিলাভ করে।

6.6 অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম প্রায় 99% বিশুদ্ধ। ইহার মধ্যে অশুদ্ধি হিসাবে প্রধানত আয়রন ও সিলিকন উপস্থিত থাকে। অ্যালুমিনিয়ামকে আরো বেশি বিশুদ্ধ করিতে হইলে হুপ প্রণালীতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা প্রয়োজন। হুপ প্রণালীতে ব্যবহৃত কোষে তিনটি বিভিন্ন ঘনত্বের তরল স্তর উপস্থিত থাকে—সর্বাপেক্ষা ঊর্ধ্বে বিশুদ্ধ গলিত অ্যালুমিনিয়ামের ক্যাথোড সংযুক্ত স্তর, সর্বাপেক্ষা নিম্নে অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম ও কপারের মিশ্রণে গঠিত সংকর ধাতুর গলিত অ্যানোড স্তর এবং উভয়ের মধ্যে ক্রায়োলাইট, অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুয়োরাইড ও বেরিয়াম ফ্লুয়োরাইডের গলিত মিশ্রণে দ্রবীভূত অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষ্য স্তর। সর্বাপেক্ষা উপরের স্তরে ক্যাথোড হিসাবে কয়েকটি গ্রাফাইট দণ্ড ঝুলাইয়া রাখা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অ্যানোড স্তর হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়নিত হইয়া মধ্যবর্তী স্তরে প্রবেশ করে এবং মধ্যবর্তী স্তর হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়ন ক্যাথোড স্তরে প্রবেশ করিয়া মুক্ত অ্যালুমিনিয়ামে পরিণত হয়। এই প্রণালীতে 999·9% বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়।



চিত্র ঃ 6.2 হুপ প্রণালীতে অ্যালুমিনিয়াম বিশোধন

6.7 মৃত্তিকা ও অন্যান্য আকরিক হইতে অ্যালুমিনিয়াম

যদিও অধিকাংশ ক্ষেত্রেই বক্সাইট আকরিক হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয়, তথাপি আধুনিক যুগে মৃত্তিকা এবং অন্য কোন কোন আকরিক হইতেও অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন শুরু হইয়াছে।

(1) অ্যাংকর লাইম সিনটার পদ্ধতিতে (Anchor lime sinter process) : অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে সিলিকাকে ডাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট হিসাবে দূরীভূত করিবার জন্য চুন ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিতে মৃত্তিকা ও চুনাপাথর চূর্ণের উত্তমরূপে চূর্ণিত মিশ্রণকে চুল্লীর মধ্যে 1200° – 1400° তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া

আংশিকভাবে বিগলিত করা হয়। অতঃপর ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র প্রস্তরপিণ্ডে পরিণত মিশ্রণকে পূর্ববর্তী পর্যায়ে উপজাত ক্ষারীয় সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণের সাহায্যে দ্রাবিত করিয়া মিশ্রণের মধ্যে উপস্থিত অ্যালুমিনাকে দ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত করা হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে অদ্রাব্য ডাইক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে ফিলটার করিবার পর লঘু করিয়া, উহার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে অদ্রাব্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপকে ফিলটার করিবার পর প্রাপ্ত পরিস্রুত দ্রবণকে গাঢ় করিয়া পরবর্তী পর্যায়ে দ্রাবিত করিবার জন্য ব্যবহার করা হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে যথারীতি 1100°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা উৎপন্ন হয়। পরিশেষে এই অ্যালুমিনাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।

(2) ক্যালুনাইট পদ্ধতি (**Kalunite Process**) ঃ এই পদ্ধতি অ্যালুনাইট আকরিক হইতে অ্যালুমিনা প্রস্তুতির জন্য প্রথমে উদ্ভাবিত হইয়াছিল। তবে ইহাকে মৃত্তিকা জাতীয় অথবা অতিরিক্ত সিলিকা অশুদ্ধিযুক্ত বক্সাইট আকরিকের জন্যও ব্যবহার করা চলে। এই পদ্ধতিতে অ্যালুনাইটকে 450° – 600°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিবার পর উত্তমরূপে চূর্ণিত করিয়া, ফুটন্ত সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম সালফেট মিশ্রণের দ্রবণ দ্বারা দ্রাবিত করা হয়। উৎপন্ন উষ্ণ দ্রবণকে অদ্রাব্য অংশ হইতে পরিস্রুত করিয়া শীতল করিলে পটাস অ্যালাম বা সাধারণ ফটকিরির কেলাস পাওয়া যায়। অ্যালাম কেলাসকে পৃথক করিয়া পটাসিয়াম সালফেট দ্রবণ সহযোগে 150° – 200°C তাপমাত্রায় উচ্চ চাপে উত্তপ্ত করিলে, উহা আংশিকভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া ক্ষারকীয় অ্যালামে পরিণত হয়। ফিলটার করিয়া ক্ষারকীয় অ্যালামকে পৃথক করার পর পরিস্রুত সাউফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম সালফেট মিশ্রিত দ্রবণকে পরবর্তী পর্যায়ে দ্রাবিত করিবার কার্যে প্রেরণ করা হয়। সংগৃহীত ক্ষারকীয় অ্যালামের কেলাসকে 1000°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিলে উহার অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও হাইড্রক্সাইড অংশ সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া অ্যালুমিনায় পরিণত হয়। পরিশেষে ভস্মীকৃত মিশ্রণ হইতে পটাসিয়াম সালফেটকে জলের সাহায্যে দ্রাবিত করিলে অবশেষ হিসাবে অ্যালুমিনা পাওয়া যায় এবং উহাকে শুষ্ক করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে ধাতব অ্যালুমিনিয়ামে পরিণত করা হয়।

6.8 অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ অ্যালুমিনিয়াম অত্যন্ত লঘু (আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·7) এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় রজত শুভ্র। তবে অশুদ্ধিযুক্ত অবস্থায় সামান্য নীলাভ। ইহা বেশ প্রসার্যশীল ও ঘাতসহ। সেইজন্য ইহাকে সহজেই তার বা পাতে পরিণত করা যায়। ইহার প্রসার্য-দৃঢ়তা (Tensile strength) এবং তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহিতা উচ্চমানের (একই ওজনের কপার অপেক্ষা ইহার তড়িৎ-পরিবাহিতা অধিক)। ইহা তলকেন্দ্রিক ঘনকাকার কেলাস রূপে কেলাসিত হয়। ইহাকে 100 – 150°C তাপমাত্রার মধ্যে

পিটাইয়া পাতে অথবা টানিয়া তারে পরিণত করা যায়, কিন্তু 600°C তাপমাত্রায় ইহা ভঙ্গুর হইয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম

(1) বিশুদ্ধ শুষ্ক বায়ুর উপস্থিতিতে অ্যালুমিনিয়ামের বহিস্তলে একটি সূক্ষ্ম রক্ষাকারী অক্সাইড আবরণ গঠিত হইয়া ইহাকে ক্ষয় হইতে রক্ষা করে।

অ্যালুমিনিয়াম পাত বা চূর্ণ বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিয়া অক্সাইড ও নাইট্রাইডে পরিণত হয় ; $2Al + 3O_2 = Al_2O_3$; $2Al + N_2 = 2AlN$

(2) বহিস্তলে উৎপন্ন রক্ষাকারী অক্সাইড আবরণের জন্য অ্যালুমিনিয়াম বিশুদ্ধ জলের দ্বারা আক্রান্ত হয় না, কিন্তু সমুদ্রজল অথবা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের মত কতগুলি লবণের দ্রবণ রক্ষাকারী আবরণকে দূরীভূত করে বলিয়া উহাদের সংস্পর্শে অ্যালুমিনিয়াম দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। অ্যালুমিনিয়ামের বহিস্তলে মার্কারি ঘষিয়া পারদ সংকরে পরিণত করিলে, উহা এমনকি সাধারণ তাপমাত্রায় জলকে বিয়োজিত করে ;

$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$$

(3) অ্যালুমিনিয়াম সহজেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ; $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$। কিন্তু ইহার সহিত লঘু বা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড অথবা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া অত্যন্ত ধীরগতি—প্রায় হয় না বলিলেই চলে। কিন্তু উষ্ণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করিয়া সালফার ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে ;

$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$$

ফসফোরিক অ্যাসিড দ্বারাও অ্যালুমিনিয়াম আক্রান্ত হয় ;

$$2Al + 2H_3PO_4 = 2AlPO_4 + 3H_2$$

(4) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের মত ক্ষারের জলীয় দ্রবণ অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করিয়া অ্যালুমিনেটে পরিণত করে এবং হাইড্রোজেন নির্গত হয় ; $2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$

অ্যালুমিনিয়াম সোডিয়াম কার্বনেটের উষ্ণ গাঢ় দ্রবণে দ্রবীভূত হয় এবং উষ্ণ গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2Al + Na_2CO_3 + 3H_2O = 2NaAlO_2 + CO_2 + 3H_2$$

$$[NH_4OH] + 2Al + 6H_2O = [NH_4OH] + 2Al(OH)_3 + 3H_2$$

(5) অ্যালুমিনিয়াম তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে উহার নিম্নে অবস্থিত ধাতুগুলিকে সংশ্লিষ্ট লবণের দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত করে ;

$$2Al + 3CuSO_4 = Al_2(SO_4) + 3Cu$$

(6) অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেন, ক্লোরিন, সালফার বা কার্বনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া নাইট্রাইড (AlN), ক্লোরাইড ($AlCl_3$), সালফাইড (Al_2S_3) বা কার্বাইডে (Al_4C_3) পরিণত হয়।

(7) 1000°C এবং তদূর্ধ্ব তাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়ামের অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি

অত্যন্ত প্রবল এবং এই ধর্মের সাহায্য গ্রহণ করিয়া ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি ধাতুকে উহাদের অক্সাইড হইতে নিষ্কাশন (অ্যালুমিনিয়োথার্মি বা গোল্ডস্মিথের থার্মিট পদ্ধতি) করা হয়। 'থার্মাইট' নামে পরিচিত এক ভাগ অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও তিন ভাগ আয়রন অক্সাইড চূর্ণের মিশ্রণকে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার দ্বারা জ্বালাইয়া দিলে বিক্রিয়ার ফলে যে বিপুল পরিমাণ তাপ নির্গত হয় তাহার ফলে উৎপন্ন আয়রন গলিত হইয়া যায় এবং এই বিক্রিয়াকে ব্যবহার করিয়া ভগ্ন রেললাইন জোড়া হয় ;

$$Fe_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe$$

6.9 অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার

(1) অ্যালুমিনিয়াম হালকা এবং অত্যন্ত দৃঢ় সংকরধাতু গঠন করিতে সমর্থ বলিয়া ইহাকে এরোপ্লেন, মোটরগাড়ি, সাইকেল ইত্যাদির কাঠামো নির্মাণের জন্য ব্যবহার করা হয়। (2) তাপের সুপরিবাহী বলিয়া ইহাকে রন্ধনপাত্র নির্মাণের জন্য এবং তড়িতের সুপরিবাহী বলিয়া বৈদ্যুতিক তার ও যন্ত্রাংশ নির্মাণের জন্য ব্যবহার করা হয়। (3) ধাতুবিদ্যায় বিজারক হিসাবে ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি ধাতু নিষ্কাশনে এবং থার্মিট পদ্ধতিতে ভগ্ন রেললাইন জুড়িবার জন্য অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়। (4) প্যাকিং করিবার জন্য অ্যালুমিনিয়ামের পাত এবং অ্যালুমিনিয়াম পেন্ট প্রস্তুত করিবার জন্য অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ প্রচুর পরিমাণে ব্যবহার করা হয়। (5) 'অ্যামোনাল' নামে পরিচিত অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণকে বিস্ফোরক বোমা প্রস্তুত করিতেও ব্যবহার করা হয়।

অ্যালুমিনিয়ামের বহু সংকর ধাতু ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। ইহাদের মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি নাম, সংযুক্তি ও ব্যবহার নিম্নে প্রদর্শিত হইল।

নাম	শতকরা সংযুতি	ব্যবহার ও ধর্ম
(1) ম্যাগনেলিয়াম	Al 88 – 98, Mg 2 – 12	সস্তা তুলাযন্ত্র, লেদে কাটা যন্ত্রাংশ, পাত্র। ইহাকে সহজে লেদ-মেশিনে খোদাই করা যায়।
(2) ডুরালুমিন	Al 95, Cu 4, Mg 0·5, Mn 0·5	এরোপ্লেনের কাঠামো নির্মাণ। ইহা হাল্কা দৃঢ় এবং মরিচারোধী।
(3) ওয়াই ধাতুসংকর	Al 93, Cu 4, Ni 2, Mg 1	মরিচারোধী কাঠামো ও যন্ত্রাংশ। এই সংকর ধাতুও হালকা, দৃঢ় ও মরিচারোধী।
(4) অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Al 90, Cu 10	তড়িৎলেপন, মূর্তি, মুদ্রা, বাসনপত্র। ইহা দেখিতে গোল্ডের মত উজ্জ্বল সুন্দর সোনালী।
(5) অ্যালনিকো স্টীল	স্টীল 50, Al 20, Ni 20, Co 10	স্থায়ী চুম্বক প্রস্তুতিতে। ইহার অনন্য চৌম্বক ধর্ম আছে।
(6) E-ধাতুসংকর	Al 76·5, Zn 20, Cu 2·5, Mg 0·5, Mn 0·5	ইস্পাত অপেক্ষা দৃঢ়তর কাঠামো নির্মাণে। প্রসার্যদৃঢ়তা 87000 psi (ইস্পাতের প্রসার্যদৃঢ়তা 60000 psi)

6.10 অ্যানোডাইজিং (Anodising)

শুষ্ক বায়ুর সংস্পর্শে অ্যালুমিনিয়ামের বহিস্তলে সূক্ষ্ম, মাত্র 0·00001 mm পুরু অক্সাইড আবরণ গঠিত হইয়া উহাকে ক্ষয় হইতে রক্ষা করে। অ্যানোডীয় জারণের সাহায্যে অ্যালুমিনিয়াম এবং উহার সংকর ধাতু নির্মিত দ্রব্যাদির গায়ে অনুরূপ রক্ষাকারী আবরণ সহজেই সৃষ্টি করা যায়। এইরূপ আবরণের রঙ শোষণ করিয়া রঙীন হইবার ক্ষমতা আছে এবং ইহা তড়িতের কুপরিবাহী। সেইজন্য সৌন্দর্য সৃষ্টি অথবা তড়িৎ অন্তরকে পরিণত করিবার জন্যও অ্যানোডীয় জারণ অর্থাৎ অ্যানোডাইজিং করা হয়। দ্রব্যটিকে প্রথমে ক্ষার দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিয়া গাত্র হইতে তৈলাক্ত ময়লা দূরীভূত করা হয়। অতঃপর উত্তমরূপে জল দ্বারা ধৌত করিয়া 3% ক্রোমিক অ্যাসিড দ্রবণের (অথবা অ্যামোনিয়াম বোরেট দ্রবণের) মধ্যে অ্যানোড হিসাবে ডুবাইয়া 15 হইতে 30 মিনিট প্রায় 50 ভোল্ট বিভবে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হয়। পরিশেষে দ্রব্যটিকে বাহিরে আনিয়া ধৌত ও শুষ্ক করিলে, উহার উপর একটি উৎকৃষ্ট ক্ষয়রোধী ক্ষমতা সম্পন্ন আবরণ পাওয়া যায়। ফুটন্ত জলে নিষিক্ত করিলে রক্ষাকারী আবরণের রন্ধ্রগুলি বন্ধ হইয়া যায়।

6.11 ক্যালোরাইজিং (Calorising)

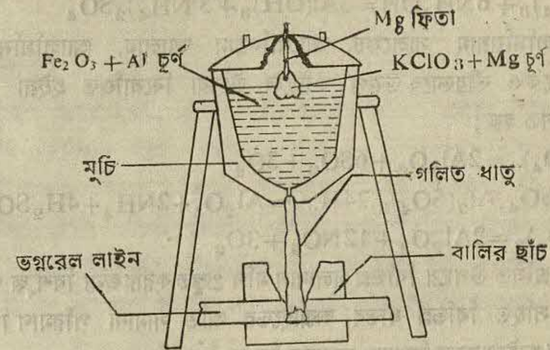
অ্যালুমিনিয়ামের একটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার ক্যালোরাইজিং, অর্থাৎ আয়রন, স্টীল, কপার, নিকেল, ব্রাস ইত্যাদির বহিস্তলকে অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা সংপৃক্তকরণ। অনেক সময় ক্যালোরাইজিং করিবার জন্য দ্রব্যটিকে গলিত অ্যালুমিনিয়ামের মধ্যে ডুবানো হয়। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ক্যালোরাইজিং করা হয় দ্রব্যটিকে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ এবং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড চূর্ণের একটি মিশ্রণের সহিত হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলীতে 1000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া। ক্যালোরাইজ করা স্টীলের সামগ্রীকে 900°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলেও উহা জারিত হয় না। ক্যালোরাইজ করা অলৌহ ধাতুর সামগ্রীও উচ্চ তাপমাত্রায় জারিত হয় না এবং আম্লিক দ্রবণের আক্রমণ রোধ করে।

6.12 গোল্ডস্মিথের থার্মিট পদ্ধতি বা অ্যালুমিনিয়োথার্মি

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, 1000°C-এর ঊর্ধ্বে অক্সিজেনের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের প্রবল আসক্তির সাহায্য গ্রহণ করিয়া ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি ধাতুর অক্সাইডকে মুক্ত ধাতুতে বিজারিত করা হয় ; $Cr_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Cr$; $3Mn_3O_4+8Al=9Mn+4Al_2O_3$। আবার অনেক সময়ে ভগ্ন রেললাইন ইত্যাদি জোড়া দিবার জন্য ফেরিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মধ্যে অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটানো হয় ; $Fe_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Fe$। অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের সাহায্যে প্রবল তাপমোচী বিক্রিয়ায় ধাতব অক্সাইড বিজারণের উক্ত পদ্ধতি 'গোল্ডস্মিথের থার্মিট পদ্ধতি বা অ্যালুমিনিয়োথার্মি' নামে পরিচিত।

এই পদ্ধতিতে একটি দুর্গল পদার্থে নির্মিত মুচির মধ্যে ধাতব অক্সাইড ও

অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ জ্বালাইয়া দেওয়া হয়। ভালোভাবে জ্বালাইবার জন্য সাধারণত মিশ্রণটির উপর 15 ভাগ বেরিয়াম পারঅক্সাইড ও 2 ভাগ ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণের (অথবা পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণের) সাহায্যে প্রস্তুত কার্টিজ স্থাপন করিয়া জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তারের দ্বারা অগ্নিসংযোগ করা হয়।



চিত্র 6.3 থার্মিট পদ্ধতিতে ভাঙা রেললাইন জোড়া

ভগ্ন রেললাইন জুড়িবার জন্যও অনুরূপ পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। তবে এক্ষেত্রে বিক্রিয়া ঘটানো হয় তলদেশে নির্গমপথ সমন্বিত একটি মুচির মধ্যে। রেললাইনের ভগ্ন অংশের চতুর্দিক একটি উপযুক্ত ছাঁচ দ্বারা পরিবেষ্টিত করিয়া মুচিটিকে ভগ্ন অংশের ঠিক উপরে স্থাপন করা হয়। মুচির মধ্যে 'থার্মাইট' (Thermite) নামে পরিচত একভাগ অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও তিনভাগ ফেরিক অক্সাইড চূর্ণের মিশ্রণ লইয়া উহার উপর একইরূপ 'কার্টিজ' রাখা হয়। জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার দ্বারা কার্টিজে অগ্নিসংযোগ করিলে বিক্রিয়া শুরু হয় এবং গলিত আয়রন ভগ্ন অংশের মধ্যে পড়িয়া উহাকে ভরাইয়া তুলে।

অ্যালুমিনিয়ামের কয়েকটি যৌগ

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (অ্যালুমিনা), Al_2O_3

অনাদ্র' অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে প্রকৃতিতে বর্ণহীন স্বচ্ছ কোরাণ্ডাম ও অস্বচ্ছ সাদা এমারী রূপে কেলাসিত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়। এতদ্ব্যতীত রুবি, স্যাফায়ার, এমারেল্ড ইত্যাদি মূল্যবান মণিও সামান্য অশুদ্ধিযুক্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ব্যতীত আর কিছুই নহে। সোদক কেলাস হিসাবে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে ডায়াস্পোর (Al_2O_3, H_2O), বক্সাইট (Al_2O_3, $2H_2O$) এবং গিবসাইট (Al_2O_3, $3H_2O$) রূপেও দেখিতে পাওয়া যায়।

6.13 প্রস্তুতি

(1) বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড প্রস্তুত করিবার প্রণালী পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। লেবরেটরীতে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুতির জন্য অ্যালুমিনিয়াম

সালফেট অথবা অ্যালুমিনিয়ামের অন্য কোন দ্রাব্য লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্যে উষ্ণ অবস্থায় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করা হয়। উৎপন্ন সাদা জেলীর মত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপকে ধৌত ও শুষ্ক করার পর তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায় ;

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 3Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$$

(2) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম অ্যালাম, অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি লবণকেও তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে উহারা বিয়োজিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$$2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 6SO_2 + 3O_2$$

$$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3 + 4H_2SO_4 + 21H_2O$$

$$4Al(NO_3)_3 = 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$$

(3) সংশ্লেষিত উপায়ে বিভিন্ন মূল্যবান মণি প্রস্তুত করার জন্য বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড চূর্ণের সহিত বিভিন্ন ধাতব অক্সাইডের অতি সামান্য পরিমাণ মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণকে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার কেন্দ্রের ভিতর দিয়া নিচে ফেলা হয়। মিশ্রণ নিচে পড়িবার সময়ে গলিত হইয়া তথাকথিত 'বাউলে' (Boule) পরিণত হয় এবং উহাকে একটি অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড-নির্মিত দণ্ডের উপর একক কেলাস হিসাবে সংগ্রহ করা হয়। এইরূপে 2·5% ক্রোমিক অক্সাইডযুক্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে গালাইয়া সংশ্লেষিত রুবি বা চুনি অথবা 1·5% ম্যাগনেটিক অক্সাইড ও 0·5% টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইড যুক্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে (এক্ষেত্রে বিজারণ শিখায়) গালাইয়া সংশ্লেষিত স্যাফায়ার বা নীলা প্রস্তুত করা হয়।

সংশ্লেষিত কোরাণ্ডাম (অ্যালানডাম, Alundum) প্রস্তুত করার জন্য বক্সাইটকে 3% কোক ও 2% আয়রনের সহিত আর্ক-চুল্লীতে প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় বিগলিত করা হয়।

6.14 ধর্ম

(1) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড দুর্গল কঠিন পদার্থ (গলনাঙ্ক 2050°C)। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপকে 850°C-এর নিম্নে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (γAl_2O_3) ঘনকাকার কেলাস (আ. গু. 3·42-3·64), উদগ্রাহী এবং অ্যাসিডে দ্রাব্য। কিন্তু 850°C-এর ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত হইলে এই কেলাস রূপ পরিবর্তন করিয়া কোরাণ্ডামের হেক্সাগোনাল-রম্বোহেড্রাল রূপ (αAl_2O_3) গ্রহণ করে। উহার আ. গু. 3·95-4 এবং উহাকে সহজে অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা যায় না।

(2) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উভধর্মী। অ্যাসিডে দ্রাব্য রূপটি অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে ;

$$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

আবার ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ার ফলেও অ্যালুমিনেট ও জল পাওয়া যায় ;

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

(3) ক্লোরিন স্রোতে কোকচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ইহা ধীরে ধীরে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$Al_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = 2AlCl_3 + 3CO$$

6.15 ব্যবহার

(1) পালিস করিবার জন্য এমারী, কোরাণ্ডাম ও অ্যালাণ্ডাম ব্যবহৃত হয়। (2) সংশ্লেষিত মণি প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে। (3) বক্সাইট-রূপে প্রাপ্ত সোদক অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের জন্য ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। (4) রঞ্জনশিল্পে, চুল্লীর তাপসহ আস্তরণ নির্মাণে এবং অনুঘটক রূপেও ইহার ব্যবহার আছে। (5) প্রায় সমপরিমাণ বক্সাইট ও চুন গালাইয়া প্রস্তুত বক্সাইট সিমেণ্ট লবণ জলে আক্রান্ত হয় না এবং তাই ইহাকে লবণজলরোধী সিমেণ্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড, $Al(OH)_3$

6.16 প্রস্তুতি

(1) কোন অ্যালুমিনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে, এমনকি অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতেও, সাদা জেলির মত থকথকে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ;

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 2Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$$

(3) অ্যালুমিনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলেও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় ;

$$2AlCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 + 6NaCl + 3CO_2$$

6.17 ধর্ম

ইহা সাদা, অনিয়তাকার এবং শুষ্ক হইলে কাচসদৃশ কঠিনে পরিণত হয়। ইহাকে 200° – 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া আংশিকভাবে নিরুদিত করিলে জলীয় বাষ্পশোষী 'অ্যালুমিনা জেল' (Alumina gel) উৎপন্ন হয়।

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উভধর্মী। ইহা ভিন্ন ভিন্ন ভাবে আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন বা হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করিতে পারে ;

$$Al^{+++} + 3(OH)^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 \rightleftharpoons H^+ + AlO_2^- + H_2O$$

ইহা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া লবণ উৎপন্ন করিবার সময় মৃদু ক্ষারকীয় ধর্ম প্রদর্শন করে এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়াকালে মৃদু অ্যাসিড হিসাবে কাজ করে ;

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$

$$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$$

6.18 ব্যবহার

অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড রঞ্জক পদার্থ এবং কলয়ডীয় কণিকা শোষণ করিতে পারে। সেজন্য ইহাকে (1) পানীয় জল পরিষ্কৃত করিবার জন্য এবং (2) রঞ্জন শিল্পে রঙ সংস্থাপক (Mordant) হিসাবে ব্যবহার করা হয়। (3) সূতি বস্ত্র অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণে ডুবাইয়া স্টীমে উত্তপ্ত করিলে, অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিটেটের আর্দ্রবিশ্লেষণে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডও বস্ত্রের রন্ধ্রগুলি বুজাইয়া দিয়া উহাকে জলরোধী (Waterproof) করিয়া তোলে। (4) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের আংশিক নিরুদনে উৎপন্ন অ্যালুমিনা জেলকে নিরুদক হিসাবে এবং ক্রোমাটোগ্রাফিতে ব্যবহার করা হয়।

বি. দ্র. (1) সূতা বা বস্ত্রকে অ্যালুমিনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে সিক্ত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে ডুবাইলে, তন্তুর রন্ধ্রের ফাঁকে ফাঁকে $Al(OH)_3$-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। এইরূপে মর্ডাণ্ট (Mordant) করিবার পর দ্রব্যটিকে রঞ্জক পদার্থের দ্রবণে ডুবাইলে রঞ্জক পদার্থটি $Al(OH)_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া অদ্রাব্য 'লেক' (Lakes)-এ রূপান্তরিত হয় এবং দ্রব্যটি স্থায়িভাবে রঙীন হইয়া উঠে।

(2) অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিটেটে সিক্ত বস্ত্র কিছুক্ষণ 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়, অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাহির হইয়া যায় এবং বস্ত্রখণ্ডের রন্ধ্রে $Al(OH)_3$-এর অন্য একপ্রকার রূপ (মেটা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড) উৎপন্ন হয়। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের এই নবরূপ জলের প্রতি কম আসক্ত, 'লেক' উৎপন্ন করে না এবং মর্ডাণ্ট হিসাবে অকার্যকর।

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, $AlCl_3$

6.19 প্রস্তুতি

(1) ধাতব অ্যালুমিনিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস $AlCl_3, 6H_2O$ পাওয়া যায়;

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O; \quad Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$

কিন্তু সোদক কেলাসকে উত্তপ্ত করিলে অনাদ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায় না। সোদক কেলাস আদ্রবিশ্লেষিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়;

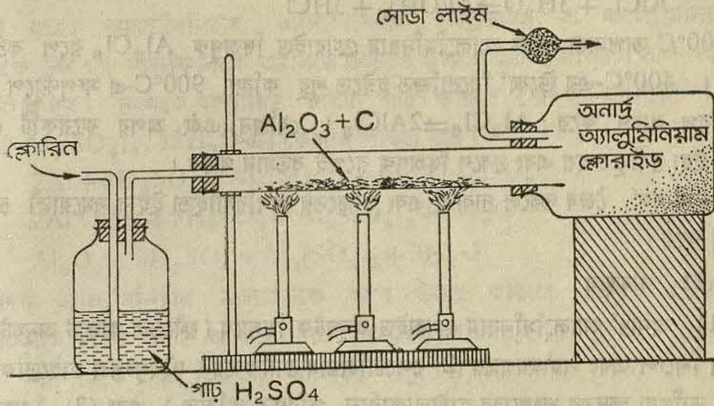
$$2AlCl_3, 6H_2O = Al_2O_3 + 3H_2O + 6HCl$$

(2) পরীক্ষাগারে অনাদ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতির জন্য অ্যালুমিনিয়াম ছিলাকে (Turning) ক্লোরিন বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রবাহের মধ্যে উত্তপ্ত করা হয়;

$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3 \quad 2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

(3) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের শিল্পোৎপাদনের জন্য কাঁচামাল হিসাবে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। ওয়েরস্টেড পদ্ধতিতে চূর্ণিত অ্যালুমিনিয়াম

অক্সাইড এবং কোকের মিশ্রণকে ক্লোরিন গ্যাসের স্রোতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয় এবং



চিত্র 6.4 অনার্দ্র $AlCl_3$ প্রস্তুতি

কার্বন মনোক্সাইড, অল্প কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় অবশিষ্ট ক্লোরিনের সহিত বাহির হইয়া যায়।

$$Al_2O_3+3C+3Cl_2=2AlCl_3+3CO$$
$$2Al_2O_3+3C+6Cl_2=4AlCl_3+3CO_2$$

(4) **শোভে (Chauvenet) পদ্ধতি** : এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের উপর দিয়া ক্লোরিন ও কার্বনিল ক্লোরাইডের মিশ্রণ চালনা করা হয়।

$$Al_2O_3+3COCl_2=2AlCl_3+3CO_2$$

(5) **ম্যাটিগনন (Matignon) পদ্ধতি** : এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের উপর দিয়া ক্লোরিন ও সালফার মনোক্লোরাইড বাষ্প চালিত হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় ;

$$4Al_2O_3+3S_2Cl_2+9Cl_2=8AlCl_3+6SO_2$$

(6) ক্লোরিন স্রোতে কেবল অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অথবা তীব্রভাবে উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড—কোকচূর্ণের মিশ্রণের উপর দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড চালিত করিলেও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ধীরে ধীরে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় ; $2Al_2O_3+6Cl_2=4AlCl_3+3O_2$

$$Al_2O_3+3C+6HCl=2AlCl_3+3CO+3H_2$$

6.20 ধর্ম

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড সাদা, কেলাসাকার অত্যন্ত উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ। আর্দ্র বায়ুতে ইহা হইতে ধূম নির্গত হয়। উত্তপ্ত করিলে ইহা তরলীভূত না হইয়া

183°C তাপমাত্রায় ঊর্ধ্বপাতিত হয়। ইহার হেক্সাগোনাল আকারের কেলাস সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়। দ্রবণ আর্দ্রবিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিডধর্মী ;

$$AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HCl$$

400°C তাপমাত্রা পর্যন্ত অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড দ্বিঅণুক Al_2Cl_6 রূপে বর্তমান থাকে। 400°C-এর ঊর্ধ্বে বিয়োজিত হইতে শুরু করিয়া 900°C-এ সম্পূর্ণরূপে এক অণুক রূপ ধারণ করে ; $Al_2Cl_6 \rightleftharpoons 2AlCl_3$। বেঞ্জিন এবং অপর কয়েকটি জৈব তরলে ইহা দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণে দ্বিঅণুক রূপেই বর্তমান থাকে।

উদ্বায়ী ধর্ম, জৈব তরলে দ্রাব্যতা এবং তড়িতের কুপরিবাহিতা ইহার সমযোজী চরিত্র নির্দেশ করে।

6.21 ব্যবহার

(1) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড অনুঘটক হিসাবে (ফ্রীডেল ক্রাফ্ট অনুঘটক) বিভিন্ন শিল্পে এবং পরীক্ষাগারে (2) পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিংয়ে (দীর্ঘশৃঙ্খল হাইড্রোকার্বন অণুকে ভাঙিয়া ক্ষুদ্রতর শৃঙ্খলের হাইড্রোকার্বনে পরিণত করিতে) এবং (3) বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট, $Al(NO_3)_3, 9H_2O$

6.22 প্রস্তুতি

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে অথবা অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও লেড নাইট্রেট দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া অধঃক্ষিপ্ত লেড সালফেটকে ফিলটার করিয়া পৃথক করিলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ পাওয়া যায়। দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিলে $Al(NO_3)_3, 9H_2O$ কেলাস উৎপন্ন হয় ;

$$Al(OH)_3 + 3HNO_3 = Al(NO_3)_3 + 3H_2O \,;$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Pb(NO_3)_2 = 2Al(NO_3)_3 + 3PbSO_4 \downarrow$$

6.23 ধর্ম

(1) অনার্দ্র অবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায় না। নয় অণু জলযুক্ত অবস্থায় প্রাপ্ত কেলাস ব্যতীতও আট, ছয়, এবং চার অণু জলযুক্ত সোদক অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়।

(2) অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট জল এবং অ্যালকোহলে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ আর্দ্রবিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিডধর্মী ; $Al(NO_3)_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HNO_3$

(3) উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয় ; $4Al(NO_3)_3 = 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$

6.24 ব্যবহার

বস্ত্র ও সূতা রঙীন করিবার সময় রঙ সংস্থাপক হিসাবে এবং গ্যাস-ম্যান্টেল প্রস্তুতিতে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3$

6.25 প্রস্তুতি

(1) ধাতব অ্যালুমিনিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড বা অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে উষ্ণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিয়া গাঢ় করিলে সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট $Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$-এর কেলাস পাওয়া যায়।

$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2$$

$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেটকে অল্প উত্তপ্ত করিলে সোদক কেলাস জল পরিত্যাগ করিয়া অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে পরিণত হয়।

(2) বাণিজ্যিক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রস্তুতির জন্য বক্সাইট চূর্ণকে 62% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হয় ;

$$Al_2O_2 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

প্রাপ্ত দ্রবণকে পরিস্রুত করিয়া বাষ্পীভূত করিলে 'অ্যালুমিনো ফেরিক' নামক ফেরিক সালফেট মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের সোদক কেলাস পাওয়া যায়। অ্যালুমিনো ফেরিককে সরাসরি নোংরা জল পরিষ্কার করার জন্য ব্যবহার করা যায়। অ্যালুমিনো ফেরিক হইতে আয়রন দূরীভূত করিয়া পরিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করাও যায় সেক্ষেত্রে ফেরিক আয়রনকে হাইড্রোজেন সালফাইড অথবা উহার কোন লবণের সাহায্যে বিজারিত করিয়া ফেরাস আয়রনে পরিণত ও অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। অতঃপর দ্রবণকে কেলাসিত করিলে $Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$-এর কেলাস পাওয়া যায়।

(3) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কেয়োলিনকে উত্তপ্ত করিয়াও বাণিজ্যিক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয় :

$$Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 2SiO_2 + 5H_2O$$

6.26 ধর্ম

(1) সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট Al_2SO_4, $18H_2O$ বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। ইহা জলে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ ক্লোরাইড বা নাইট্রেট লবণের জলীয় দ্রবণের মতই আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে অ্যাসিডধর্মী ;

$$2Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_2 + 3H_2SO_4$$

(2) উত্তপ্ত করিলে সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রথমে অনার্দ্র লবণে পরিণত হয়, 600°C-এর ঊর্ধ্বে বিয়োজিত হইতে শুরু করে এবং 800°C তাপমাত্রায় প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, সালফার ট্রাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয় ;

$$Al_2(SO_4)_3 = Al_2O_3 + 3SO_3 \; ; \; 2SO_3 = 2SO_2 + O_2$$

(3) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে সদ্য অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে ক্ষারকীয় অ্যালুমিনিয়াম সালফেট $Al_2(OH)_2(SO_4)_2, 10H_2O$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম সালফেট অথবা অ্যামোনিয়াম সালফেটের মিশ্র দ্রবণ কেলাসিত করিলে অ্যালাম বা ফট্‌কিরি নামে পরিচিত সোদক দ্বিলবণের কেলাস $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ (পটাস অ্যালাম); $(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 24H_2O$ (অ্যামোনিয়াম অ্যালাম) উৎপন্ন হয়।

6.27 ব্যবহার

অ্যালুমিনিয়াম সালফেটকে (1) বস্ত্র ছাপাই ও রঞ্জন কার্যে রঙ সংস্থাপক হিসাবে, (2) কাগজ-শিল্পে সাইজিং (Sizing) করিবার সামগ্রী হিসাবে, (3) নোংরা জল পরিষ্কার করিবার জন্য, (4) ছাগচর্ম পাকা (tan) করিবার জন্য, (5) অ্যালাম প্রস্তুতিতে এবং (6) অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ব্যবহার করা হয়। কোন কোন দেশে বিচূর্ণিত অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেট মিশ্রণকে বেকিং পাউডার হিসাবে ব্যবহার করা হয় (এই সংযুক্তির বেকিং পাউডার গ্রেট ব্রিটেনে নিষিদ্ধ)।

6.28 অ্যালাম, $M_2SO_4, R_2(SO_4)_3, 24H_2O$

সাধারণ অ্যালাম বা ফটকিরি বলিতে আমরা $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ বুঝি, কিন্তু আধুনিক রসায়নশাস্ত্রে 'অ্যালাম' শব্দটিকে ব্যাপকতর অর্থে ব্যবহার করা হয় এবং শব্দটি দ্বারা 24 কেলাসজল অনুসংযুক্ত যে-কোন একযোজী ধাতুর (বা ধাতব মূলকের) সালফেট ও ত্রিযোজী ধাতুর সালফেটের দ্বিলবণ সূচিত করা হয়। তাই অ্যালামের সাধারণ সংকেত $M_2SO_4, R_2(SO_4)_3, 24H_2O$ যেখানে $M=$ যে-কোন একযোজী ধাতু বা ধাতব মূলক এবং $R=$ যে-কোন ত্রিযোজী ধাতু। অ্যালামের নামকরণে পটাসিয়াম ব্যতীত অন্য কোন একযোজী ধাতু উপস্থিত থাকিলে তাহার নাম এবং অ্যালুমিনিয়াম ব্যতীত অন্য কোন ত্রিযোজী ধাতু উপস্থিত থাকিলে তাহার নাম উল্লেখ করা হয়; যেমন,

সাধারণ অ্যালাম বা পটাস অ্যালাম	$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$
অ্যামোনিয়াম অ্যালাম	$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$
ক্রোম অ্যালাম	$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$
ফেরিক অ্যালাম	$K_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$
ফেরিক অ্যামোনিয়াম অ্যালাম	$(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$ ইত্যাদি

সাধারণ অ্যালাম, পটাস অ্যালাম বা ফটকিরি, $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

6.29 পণ্যোৎপাদন পদ্ধতি

অ্যালামের পণ্যোৎপাদনের জন্য তিনটি বিভিন্ন উৎসের অ্যালুমিনিয়াম খনিজ ব্যবহৃত হয়—(1) বক্সাইট, (2) অ্যালুনাইট স্টোন এবং (3) অ্যালাম শেল।

(1) **বক্সাইট হইতে অ্যালাম প্রস্তুত পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে উত্তমরূপে বিচূর্ণিত বক্সাইটকে 62% গাঢ় সালফিউরিক আসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া স্টীমচালনার কুণ্ডলী সমন্বিত লেড আস্তরণযুক্ত স্টীল ট্যাংক, স্টীমের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। অতঃপর দ্রবণে উপস্থিত ফেরিক সালফেটকে বেরিয়াম সালফাইডের সাহায্যে ফেরাস অবস্থায় বিজারিত ও অধঃক্ষিপ্ত করিয়া থিতাইবার সুযোগ দেওয়া হয়। অদ্রাব্য অংশ থিতাইয়া গেলে উপরাংশ হইতে পরিষ্কার দ্রবণকে অন্য একটি পাত্রে স্থানান্তরিত করিয়া উহার মধ্যে সঠিক পরিমাণ পটাসিয়াম সালফেট যোগ করা হয়। পরিশেষে মিশ্রণের দ্রবণ গাঢ় করিয়া শীতল করিলে অ্যালামের কেলাস উৎপন্ন হয়। কেলাসন প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি করিয়া উৎপন্ন অ্যালামকে সম্পূর্ণরূপে আয়রনমুক্ত করা যায়।

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

(2) **অ্যালুনাইট হইতে প্রস্তুত পদ্ধতি ঃ** অ্যালুনাইট বা অ্যালামস্টোন K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $4Al\ (OH)_3$ সংকেতের প্রকৃতিজাত খনিজ। পুরাতন পদ্ধতিতে অ্যালুনাইটকে ভস্মীকরণ করিয়া জলের দ্বারা দ্রাবিত করা হইত এবং প্রাপ্ত দ্রবণকে কেলাসিত করিয়া অ্যালাম কেলাস সংগ্রহ করা হইত।

আধুনিক পদ্ধতিতে অ্যালুনাইটকে ভস্মীকরণ করিবার পর সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে উহার অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অংশ সম্পূর্ণরূপে অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। অতঃপর প্রয়োজনীয় পরিমাণ পটাসিয়াম সালফেট যোগ করিয়া কেলাসন করিলে অ্যালাম কেলাস পাওয়া যায়।

(3) **অ্যালাম সেল (Shale) হইতে প্রস্তুত পদ্ধতি ঃ** অ্যালাম সেল প্রকৃতিজাত অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট ও আয়রন পাইরাইটিসের মিশ্রণ। অ্যালাম সেলকে স্তূপীকৃত অবস্থায় তাপজারিত করিলে ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটকে অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে পরিণত করে। তাপজারিত খনিজটিকে জলের দ্বারা দ্রাবিত করিয়া প্রয়োজনীয় পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করার পর কেলাসন করিলে অ্যালাম কেলাস উৎপন্ন হয়।

$$Al_2O_3,\ 2SiO_2 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O + 2SiO_2$$

6.30 ধর্ম

অ্যালম অষ্টতলকীয় (Octahedral) বর্ণহীন কেলাস, স্বাদে কষায়। ইহা জলে দ্রাব্য। 90°C তাপমাত্রায় ইহা গলিয়া যায় এবং 200°C তাপমাত্রায় কেলাসজলের সবগুলি অণু পরিত্যাগ করিয়া অনার্দ্র পোড়া ফট্‌কিরিতে (Burnt alum) পরিণত হয়। ইহার মধ্যে পটাসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও সালফেট আয়নের সব ধর্মই বর্তমান।

6.31 ব্যবহার

ছোটখাটো কাটা জায়গা হইতে রক্তপাত বন্ধ করিবার জন্য অ্যালাম ব্যবহার করা হয়। এতদ্ব্যতীত ইহাকে অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের পরিবর্তে একই উদ্দেশ্যে রঞ্জন-

শিল্পে, কাগজশিল্পে, চর্মশিল্পে, নোংরা জল পরিষ্কার করার কাজে এবং অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ব্যবহার করা হয়।

6.32 অ্যালুমিনিয়াম যৌগের সনাক্তকরণের পরীক্ষা

শুষ্ক পরীক্ষা : অ্যালুমিনিয়াম যৌগকে সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করিয়া চারকোল খণ্ডের উপর ব্লোপাইপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে একটি সপ্রভ সাদা পদার্থ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সাদা পদার্থে এক বিন্দু কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিয়া পুনরায় উত্তপ্ত করিলে উহা নীলবর্ণ (থেনার্ড ব্লু) ধারণ করে।

সিক্ত পরীক্ষা : আলুমিনিয়াম লবণ দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিবার পর উষ্ণ অবস্থায় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ ঢালিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সাদা, থকৃথকে, জেলিসদৃশ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে পৃথক করিয়া কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে উহা সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায়, কিন্তু দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে পুনরায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

সার-সংক্ষেপ

অ্যালুমিনিয়াম

আকরিক : বক্সাইট (Al_2O_3, $2H_2O$), ক্রায়োলাইট (AlF_3, 3NaF) ইত্যাদি প্রধান আকরিক বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতির তিনটি পর্যায় :

(1) বক্সাইটের শোধন ; (2) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ ; (3) অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন।

(1) **বক্সাইটের শোধন (বায়ার পদ্ধতি) :** চূর্ণীকৃত বক্সাইট আকরিককে 45% NaOH দ্রবণে 150°C উষ্ণতায় 80 Psi চাপে 2-8 ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে বক্সাইটের ভিতরকার Al_2O_3 দ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয় ;

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

$NaAlO_2$ দ্রবণকে অদ্রাব্য Fe_2O_3 অংশ (রেড মাড) হইতে উত্তপ্ত অবস্থায় ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। অতঃপর উহার মধ্যে জল ও অল্প পরিমাণ সদ্য অধঃক্ষিপ্ত $Al(OH)_3$ মিশাইয়া উত্তমরূপে আলোড়িত করিলে $NaAlO_2$ আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া $Al(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + NaOH$। পরিশেষে $Al(OH)_3$-কে 1100°C উষ্ণতায় ভস্মীকরণ করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়।

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

(2) **অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** অ্যালুমিনা, ক্রায়োলাইট ও ফ্লুয়োরস্পারের 20 : 60 : 20 অনুপাতে মিশ্রিত মিশ্রণকে 900-950°C উষ্ণতায় গলিত করিয়া ক্যাথোড হিসাবে কার্যরত গ্রাফাইট আচ্ছাদিত লৌহপাত্রের মধ্যে, অ্যানোড হিসাবে কার্যরত

একগুচ্ছ জ্বলন্ত গ্রাফাইট দণ্ডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। $Al_2O_3 \rightleftharpoons 2Al^{+++} + 3O^{=}$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Al^{+++} + 3e \rightarrow Al$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $O^{=} \rightarrow [O] + 2e$

$C + [O] \rightarrow CO$; $C + 2[O] \rightarrow CO_2$

(3) **অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন (হুপ পদ্ধতি) :** এই পদ্ধতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ কোষে তিনটি তরল স্তর থাকে : (a) উপরে বিশুদ্ধ গলিত অ্যালুমিনিয়াম স্তর। (b) নিচে কপার-মিশ্রিত অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের অ্যানোড স্তর এবং (c) মধ্যে ক্রায়োলাইট, AlF_3 ও BaF_2 মিশ্রণে দ্রবীভূত অ্যালুমিনার অপর একটি স্তর। উপরের স্তরে কতগুলি জ্বলন্ত গ্রাফাইট দণ্ড ক্যাথোডের কাজ করে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোড হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়নে পরিণত হইয়া মধ্যবর্তী স্তরে প্রবেশ করে এবং মধ্যবর্তী স্তর হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়ন উপরের ক্যাথোড স্তরে আসিয়া মুক্ত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামে পরিণত হয়।

অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম : লঘু, নীলাভ সাদা ঘাতসহ উভধর্মী ধাতু। তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।

$2Al + 3O_2 = Al_2O_3$; $2Al + N_2 = 2AlN$

$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$

$2Al$ (চূর্ণ) $+ 6H_2O$ (ফুটন্ত) $= 2Al(OH)_3 + 3H_2$

ব্যবহার : রন্ধনপাত্র, এরোপ্লেন ও মোটরের কাঠামো, বৈদ্যুতিক তার, যন্ত্রাংশ ইত্যাদি নির্মাণে ; প্যাকিংপাত, অ্যালুমিনিয়াম পেন্ট ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ; ডুরালুমিন (Al95, Cu4, Mg 0·5, Mn 0·5), অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ (Ca 90, Al 10) ইত্যাদি সংকর ধাতুর উপাদান হিসাবে।

থার্মিট পদ্ধতি বা অ্যালুমিনিওথার্মি : Cr_2O_3 বা Mn_3O_4 বা Fe_2O_3-কে Al চূর্ণ দ্বারা প্রবল তাপমোচী বিক্রিয়ায় বিজারিত করিবার পদ্ধতি উপরি-উক্ত নামে পরিচিত ; $Fe_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe$

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, Al_2O_3

ইহা অনার্দ্র অবস্থায় কোরাণ্ডাম ইত্যাদি রূপে এবং সোদক কেলাস হিসাবে ডায়াস্পোর (Al_2O_3, H_2O), বক্সাইট (Al_2O_3, $2H_2O$), গিবসাইট (Al_2O_3, $3H_2O$) নামে প্রকৃতিতে অবস্থান করে।

প্রস্তুতি : $2Al_2(SO_4)_3 \overset{\triangle}{=} 2Al_2O_3 + 6SO_2 + 3O_2$

$4Al(NO_3)_3 \overset{\triangle}{=} 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$

ধর্ম : দুর্গল কঠিন পদার্থ। উভধর্মী অক্সাইড।

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

$$Al_2O_3 + 3C + 3Cl_2 \overset{\Delta}{=} 2AlCl_3 + 3CO$$

ব্যবহার : পালিস করিবার জন্য, সংশ্লেষিত মণি-নির্মাণে, অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনে, চুল্লীর তাপসহ আস্তরণ নির্মাণে, অনুঘটক হিসাবে ইত্যাদি।

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড, $Al(OH)_3$

প্রস্তুতি : অ্যালুমিনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে NH_4OH বা Na_2CO_3 যোগ করিয়া ; $Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 3(NH_4)_2SO_4 + 2Al(OH)_3 \downarrow$

$2AlCl_3 + 3Na_2CO_3 = 2Al(OH)_3 \downarrow + 6NaCl + 3CO_2$

ধর্ম : সাদা, অনিয়তাকার, শুষ্ক হইলে কাচসদৃশ কঠিন।

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উভধর্মী।

$Al^{+++} + 3(OH) \rightleftharpoons Al(OH)_3 \rightleftharpoons H^+ + AlO_2^- + H_2O$

$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$

$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$

ব্যবহার : পানীয় জল পরিস্করণে, রঙ সংস্থাপক হিসাবে রঞ্জনশিল্পে, সূতিবস্ত্রকে জলরোধী করিবার জন্য, অ্যালুমিনা জেল হিসাবে নিরুদনের জন্য।

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, $AlCl_3$

প্রস্তুতি : $Al(OH)_3 + 3HCl$ (দ্রবণ) $+ 3H_2O = AlCl_3,6H_2O$ (সোদক কেলাস) সোদক কেলাস উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র $AlCl_3$ পাওয়া যায় না।

$2AlCl_3, 6H_2O = Al_2O_3 + 3H_2O + 6HCl$

$2Al + 3Cl \overset{\Delta}{=} 2AlCl_3$ (অনার্দ্র)

$2Al + 6HCl$ (গ্যাস) $\overset{\Delta}{=} 2AlCl_3$ (অনার্দ্র) $+ 3H_2$

ধর্ম : অনার্দ্র $AlCl_3$ সাদা কেলাসাকার উদগ্রাহী কঠিন ; 183°C উষ্ণতায় ঊর্ধ্বপাতিত হয়। জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিডধর্মী।

$AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HCl$

ব্যবহার : ফ্রীডেল ক্রাফ্‌ট অনুঘটক হিসাবে শিল্পে ও পরীক্ষাগারে, পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিংয়ে, বিকারক হিসাবে।

অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট, $Al(NO_3)_3, 9H_2O$

প্রস্তুতি : $Al(OH)_3 + 3HNO_3$(লঘু) $= Al(NO_3)_3 + 3H_2O$

$Al_2(SO_4)_3 + 3Pb(NO_3)_2 = 2Al(NO_3)_3 + 3PbSO_4 \downarrow$

ধর্ম : সোদক কেলাস, জল ও অ্যালকোহলে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিডধর্মী ; $Al(NO_3)_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HNO_3$

$$4Al(NO_3)_3 \overset{\triangle}{=} 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$$

ব্যবহার : রঙ-সংস্থাপক হিসাবে, গ্যাস ম্যান্টেল প্রস্তুতিতে।

অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3$

প্রস্তুতি : $\underset{\text{বক্সাইট}}{Al_2O_3} + \underset{62\%}{3H_2SO_4} = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

প্রাপ্ত দ্রবণ হইতে উপস্থিত Fe^{+++}-কে H_2S বা উহার কোন লবণের সাহায্যে দূরীভূত করিয়া দ্রবণটি বাষ্পীভূত করিলে $Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$-এর কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম : Al_2SO_4. $18\ H_2O$ বর্ণহীন কেলাস, জলে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিডধর্মী ; $2Al(SO_4)_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$

$$Al_2SO_4.18H_2O \xrightarrow{\triangle} Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow[>600^\circ]{\triangle} Al_2O_3 + 3SO_3$$

ব্যবহার : রঙ-সংস্থাপক হিসাবে বস্ত্র ছাপাই ও রঞ্জনকার্যে, কাগজশিল্পে সাইজিং করিবার জন্য, জল পরিষ্করণে, অ্যালাম প্রস্তুতিতে এবং অন্যান্য কার্যে।

অ্যালাম, K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3 24H_2O$

সাধারণ অ্যালামের উপরি-উক্ত সঙ্কেত হইলেও অ্যালাম শব্দটিকে ব্যাপকার্থে $M_2SO_4, R_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ সঙ্কেতবিশিষ্ট যে-কোন লবণ বুঝাইতেও ব্যবহার করা হয়।

প্রস্তুতি : বক্সাইটকে 62% H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করিয়া প্রাপ্ত দ্রবণে (Fe^{+++} দূরীভূত করিবার পর) প্রয়োজনীয় পরিমাণ K_2SO_4 যোগ করিয়া কেলাসিত করিলে অ্যালাম বা ফটকিরির কেলাস পাওয়া যায়।

$$Al_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 24H_2O = K_2SO_4,\ Al_2(SO_4)_3,\ 24H_2O$$

ধর্ম : অষ্টতলকীয় বর্ণহীন কেলাস, জলে দ্রাব্য। ইহা 90°C-এ গলিয়া যায় এবং 200°C-এ সম্পূর্ণ নিরুদিত হইয়া পোড়া ফটকিরিতে পরিণত হয়। ইহার মধ্যে Al^{+++}, $SO_4^{=}$ এবং K^+ সকলের ধর্মই বর্তমান।

ব্যবহার : ছোটখাটো কাটা জায়গা হইতে রক্তপাত বন্ধ করার জন্য এবং $Al_2(SO_4)_3$-এর বদলে একই উদ্দেশ্যে রঞ্জনশিল্পে, চর্মশিল্পে, জল পরিষ্করণে এবং অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. অ্যালুমিনিয়ামের দুইটি প্রধান আকরিকের নাম সঙ্কেতসহ লিখ। ধাতুটিকে উহার প্রধান আকরিক হইতে কিভাবে নিষ্কাশিত করা যায়? ধাতুটির ব্যবহার লিখ এবং উহার দুইটি প্রধান সংকর ধাতুর নাম লিখ। [J. E. 1978]

2. বক্সাইট কি? উহা হইতে কিভাবে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয়? উপাদানের নামসহ অ্যালুমিনিয়ামের দুইটি ধাতুসংকরের নাম লিখ ও উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর। [Tripura, 1982]

3. (a) বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন-সংক্রান্ত নিম্নলিখিত তথ্যগুলি বিবৃত কর: [H. S. 1982, '85]

(i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত উপাদানসমূহের সংযুতি।

(ii) তড়িদ্দ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ ও তড়িদ্দ্বার দুইটির প্রকৃতি।

(iii) ধাতুটির সংগ্রহ।

(b) বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতির সময় যে-বিক্রিয়া হয় সুষম সমীকরণসহ সেগুলির বর্ণনা দাও। [J. E. 1981, '82]

4. (a) বক্সাইটের সঙ্কেত কি? বক্সাইট শোধনের একটি প্রক্রিয়ার বিবরণ দাও।

(b) বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতি সমীকরণসহ বর্ণনা কর।

(c) বেকিং পাউডার কি? উহার ব্যবহার লিখ। [Tripura, 1985]

5. কিরূপে প্রস্তুত করিবে?

(a) অ্যালুমিনা হইতে অ্যালুমিনিয়াম [H. S. 1978, '80)

(b) বক্সাইট হইতে অ্যালাম বা ফটকিরি

(c) অ্যালুমিনিয়াম ছাঁট হইতে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড

(d) বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা (J. E. 1981, '82)

(e) অ্যালুমিনা হইতে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড (I. I. T. 1979)

6. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রস্তুতপদ্ধতি, ধর্ম ও ব্যবহার সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর:

(a) অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট

(b) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট

(c) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড [H.S. 1985, J.E. '81]

(d) অ্যালাম [Tripura, 1979, '83,'85]

7. টীকা লিখ: (a) থার্মিট পদ্ধতি [J.E. '84], (b) ক্যালোরাইজিং, (c) অ্যানোডাইজেশন, (d) রঙ-সংস্থাপন (mordant)।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কারণ দেখাও ঃ

(a) কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয় না কেন? [H. S. 1983]

(b) বক্সাইট শোধনের বায়ার পদ্ধতিতে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিবার সময় সদ্য অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করা হয় কেন?

(c) বিশোধিত অ্যালুমিনা তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে ক্রায়োলাইট যোগ করা হয় কেন?

(d) আর্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না কেন? [J.E. 1985]

(e) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে অল্প অল্প করিয়া কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিতে থাকিলে সাদা অধঃক্ষেপ দেখা দিয়া মিলাইয়া যায় কেন?

(f) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উষ্ণ কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত হয় কিন্তু ফেরিক অক্সাইড হয় না কেন?

2. কি ঘটে সমীকরণসহ বিবৃত কর ঃ

(a) উত্তপ্ত অ্যালুমিনা এবং কার্বনচূর্ণের মিশ্রণের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল। [H. S. '78]

(b) গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করা হইল। [Tripura, 1978, 1982]

(c) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করা হইল। [H.S. 1978]

(d) ফেরিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম ধাতু একসঙ্গে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। [Tripura, 1979, 1981]

(e) অ্যালুমিনিয়াম ধাতু কপার সালফেট দ্রবণে ডুবাইয়া রাখা হইল। [Tripura, 1980]

(f) অ্যালুমিনিয়ামকে বায়ুতে দগ্ধ করা হইল। [Tripura, 1980]

(g) অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করা হইল।

(h) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিয়া দ্রবণটি ফুটানো হইল।

(3) একটি যৌগ [A]-কে কার্বনচূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া শ্বেততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইল এবং ঐ উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর দিয়া নাইট্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল। বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত অবশেষ [B]-তে উষ্ণ ক্ষারীয় জল যোগ করিলে ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত এমন একটি গ্যাস [C] নির্গত হইল যাহা নেসলার দ্রবণকে বাদামীবর্ণ করে। [A], [B] ও [C]-কে সনাক্ত করিয়া পরিবর্তনগুলিকে উপযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে সূচিত কর।

আয়রন এবং উহার কয়েকটি যৌগ

IRON AND SOME OF ITS COMPOUNDS

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 26 ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

চিহ্ন Fe পারমাণবিক গুরুত্ব 55·85

7.1 প্রকৃতিতে অবস্থান

উল্কাপিণ্ড ব্যতীত প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় আয়রনকে খুব কমই দেখা যায়। মৌলাবস্থায় আয়রন পাওয়া যায় গ্রীনল্যাণ্ডের ডিস্কো দ্বীপে এবং কয়েক প্রকার আগ্নেয় শিলায়। কিন্তু পৃথিবীতে আয়রন যৌগের বিপুল ভাণ্ডার আছে। আয়রনের প্রধান আকরিক অক্সাইড এবং কার্বনেট। আয়রনের গুরুত্বপূর্ণ আকরিকগুলির নাম ও সঙ্কেত নিম্নরূপ :

(1) **অক্সাইড :** রেড হিমাটাইট Fe_2O_3 ; ব্রাউন হিমাটাইট বা লিমোনাইট $2Fe_2O_3, 3H_2O$; ম্যাগনেটাইট Fe_3O_4

(2) **কার্বনেট :** স্পাথিক আয়রন ওর বা সিডারাইট $FeCO_3$

(3) **সালফাইড :** আয়রন পাইরাইটিস FeS_2—অবশ্য ইহা আয়রন আকরিক হিসাবে গণ্য নহে, কারণ ইহা হইতে আয়রন নিষ্কাশন করা হয় না, ইহাকে শুধুমাত্র সালফিউরিক অ্যাসিড পণ্যোৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

সবুজ উদ্ভিদে এবং প্রাণিদেহের রক্তের লোহিত কণিকায় আয়রন আছে।

ভারতবর্ষে ময়ূরভঞ্জ, কেওনঝাড়, সিংভূম, মহীশূর এবং অন্যান্য কয়েকটি অঞ্চলে প্রচুর পরিমাণ আয়রন আকরিক (প্রধানত হিমাটাইট) পাওয়া যায়। ভারতীয় হিমাটাইট আকরিকে গড়ে 50% হইতে 65% আয়রন থাকে।

7.2 কাস্ট আয়রন উৎপাদন

হিমাটাইট আকরিক হইতে কাস্ট আয়রন উৎপাদনের দুইটি পর্যায় আছে : (a) তাপজারণ বা ভস্মীকরণ এবং (b) মারুতচুল্লীতে বিজারণ। ম্যাগনেটাইট আকরিকের ক্ষেত্রে ভস্মীকরণের পূর্বে চৌম্বক পদ্ধতিতে আকরিকের গাঢ়ীকরণ করা হয়।

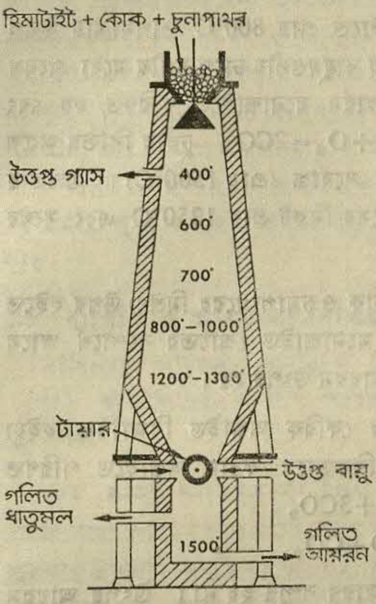
(a) তাপজারণ বা ভস্মীকরণ : বিচূর্ণিত আকরিককে অল্প কয়লা বা কোকচূর্ণ মিশাইয়া স্তূপীকৃত অবস্থায় অগভীর পীঠিকা (bed)-যুক্ত চুল্লীতে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় বায়ুপ্রবাহের মধ্যে ভস্মীকরণ করা হয়। ভস্মীকরণের ফলে আকরিকে উপস্থিত জৈব পদার্থগুলি পুড়িয়া যায়, জলীয় অংশ বাষ্পীভূত হয়, কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে, সালফার আর্সেনিক ইত্যাদি জারিত হইয়া উদ্বায়ী অক্সাইড রূপে বাহির হইয়া যায়, ফেরাস অক্সাইড উপস্থিত

থাকিলে ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং আকরিকটি ঝাঁঝরা ও হাল্কা হইয়া পরবর্তী পর্যায়ে বিক্রিয়ার পক্ষে অধিকতর উপযোগী হইয়া উঠে ;

$$4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3 \; ; \; 4FeCO_3 + O_2 = 2Fe_2O_3 + 4CO_2$$

(b) মারুতচুল্লীতে বিজারণ বা বিগলন : ভস্মীকৃত আকরিককে কোক ও লাইমস্টোন (চুনাপাথর) চূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া মারুতচুল্লীতে বিজারিত করা হয়।

মারুতচুল্লী দুর্গল অগ্নিসহ ইটের আভ্যন্তরীণ আস্তরণযুক্ত স্টীল পাত দ্বারা নির্মিত স্তম্ভাকার চুল্লী, প্রায় 50-100 ফুট উচ্চ এবং 15-20 ফুট ব্যাসযুক্ত। চুল্লীটি উপর হইতে ক্রমশ চওড়া হইতে হইতে, ভূমি হইতে মোট উচ্চতার প্রায় এক-তৃতীয়াংশ পথ উপরে, 'বশেস' (Boshes) নামক স্থানে সর্বাপেক্ষা বেশি চওড়া হইয়া উঠিয়াছে। তারপর আবার সরু হইতে হইতে অগ্নিস্থল (Hearth) পর্যন্ত নামিয়াছে। অগ্নিস্থলের উপরাংশে গলিত ধাতুমল বাহির করিবার জন্য একটি নির্গমপথ এবং নিম্নাংশে গলিত কাস্ট আয়রন বাহির করিবার জন্য অপর একটি নির্গম পথ থাকে। এই নির্গম পথগুলির উপরে চুল্লীর দেওয়ালে এক সারি ছিদ্রের ভিতর দিয়া 'টায়ার' (Tuyere) নামে পরিচিত বায়ুচালনার মুখনল (Nozzle) অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। চুল্লীর শীর্ষদেশে অবস্থিত বাটি ও শঙ্কু (Cup and cone) কৌশলের মাধ্যমে চুল্লীর মধ্যে কাঁচামাল মিশ্রণ প্রবেশ করানোর ব্যবস্থা থাকে। চুল্লীর উপরাংশে বিক্রিয়াজাত গ্যাস নির্গমনের জন্য একটি পৃথক পথ রাখা হয়। এই পথে নির্গত গ্যাস মিশ্রণের মধ্যে নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যতীতও প্রচুর পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড এবং মিথেন বা হাইড্রোজেনের মত দাহ্য গ্যাস উপস্থিত থাকে। নির্গত গ্যাস মিশ্রণকে ধূলিকণা মুক্ত ও ধৌত করিয়া 'কাউপার স্টোভ' (Cowper stove) নামক ইটের ঘুলঘুলি সমন্বিত উচ্চ আয়রন প্রকোষ্ঠের মধ্যে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে সম্পূর্ণরূপে দহন করা হয়। ফলে কাউপার স্টোভের ভিতরকার ইটের ঘুলঘুলিগুলি খুব উত্তপ্ত হইয়া উঠে। তখন মারুতচুল্লী নির্গত গ্যাস মিশ্রণকে অপর একটি শীতল কাউপার স্টোভ উত্তপ্ত করিবার জন্য চালনা করিয়া, উত্তপ্ত কাউপার স্টোভকে মারুতচুল্লীতে অনুপ্রবেশের বায়ু পূর্বাহ্নে তাপিত



চিত্র 7.1 মারুতচুল্লীতে কাস্ট আয়রন উৎপাদন।

(প্রায় 800°C-এ) করার জন্য ব্যবহার করা হয়। দ্বিতীয় কাউপার স্টোভ উত্তপ্ত হইয়া উঠিলে একইভাবে উহাকে অন্তপ্রবেশের বায়ু-তাপনের জন্য ব্যবহার করিয়া প্রথম স্টোভটির মধ্যে মারুতচুল্লী নির্গত গ্যাস মিশ্রণ দহন করা হয়। এইরূপে দুইটি কাউপার স্টোভকে পর্যায়ক্রমে ব্যবহার করিয়া উত্তাপের সাশ্রয় এবং মারুতচুল্লীতে উচ্চতর তাপমাত্রা উৎপন্ন করা সম্ভব হয়।

প্রারম্ভিক পর্যায়ে চুল্লীকে কার্যকর অবস্থায় আনিতে চুল্লীর মধ্যে স্তূপীকৃত কাঠে অগ্নিসংযোগ করা হয় এবং উহার পর মধ্যে মধ্যে বাটির ভিতরকার শঙ্কুকে নিচে নামাইয়া চুল্লীর মধ্যে ভস্মীকৃত আকরিক, কোকচূর্ণ চুনাপাথর চূর্ণের মিশ্রণ (5 ভাগ আকরিক 2 ভাগ কোক ও 1 ভাগ চুনাপাথর) প্রবেশ করানো হয়। সিলিকা জেলের সাহায্যে শুষ্কীকৃত এবং কাউপার স্টোভে প্রায় 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত বায়ু একই সঙ্গে টায়ারগুলির মাধ্যমে প্রায় দুই বায়ুমণ্ডলীয় চাপে চুল্লীর মধ্যে প্রবেশ করে। বায়ুপ্রবাহে কোক জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় এবং তাপমাত্রাকে প্রায় 1500°C-এ তোলে। $2C+O_2=2CO$। চুল্লীর বিভিন্ন অংশে তাপমাত্রা বিভিন্ন। অগ্নিস্থলের তাপমাত্রা সর্বোচ্চ (প্রায় 1500°C)। উচ্চতার বৃদ্ধির সহিত তাপমাত্রা কমিতে কমিতে বশেসের নিকট প্রায় 1250°C এবং মুখের (Mouth) নিকট 400°C-এ পরিণত হয়।

'চার্জ' (অর্থাৎ তাপজারিত আকরিক কোক ও চুনাপাথরের মিশ্রণ) উপর হইতে নিচে নামিবার সময়ে ঊর্ধ্বগামী তপ্ত কার্বন মনোক্সাইড স্রোতের সংস্পর্শে আসে এবং নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ফলে ধাতব আয়রন উৎপন্ন হয়।

বশেসের ঊর্ধ্বে 500°-900°C তাপমাত্রায় ফেরিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া আংশিকভাবে স্পন্জসদৃশ আয়রনে এবং আংশিকভাবে ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$Fe_2O_3+3CO \rightleftharpoons 2Fe+3CO_2$$

$$Fe_2O_3+CO=2FeO+CO_2$$

প্রথমোক্ত বিক্রিয়াটি উভমুখী বলিয়া বিজারণ সম্পূর্ণ হয় না। উৎপন্ন আয়রন জালানিতে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত সালফারকে শোষণ করে। 'চার্জে' উপস্থিত চুনাপাথর বিয়োজিত হইয়া চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO+CO_2$। মারুতচুল্লীর কেন্দ্রস্থলে প্রায় 900°C তাপমাত্রায় $2CO \rightleftharpoons CO_2+C$ উভমুখী বিক্রিয়ার ফলে সূক্ষ্ম কার্বন কণিকা উৎপন্ন হইয়া অবিজারিত আয়রন অক্সাইডের প্রায় অর্ধাংশের বিজারণ সম্পূর্ণ করে ; অবশিষ্টাংশ বিজারিত হয় অগ্নিস্থলে কোকের সহিত বিক্রিয়ায় ; $FeO+C=Fe+CO$; $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$। আকরিকে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত ফসফেট ও ম্যাঙ্গানিজ যৌগ এবং সিলিকার একাংশ বিজারিত হইয়া ফসফরাস, ম্যাঙ্গানিজ ও সিলিকনে পরিণত হয়। এগুলি আয়রনের সহিত মিশিয়া সংকর ধাতু উৎপন্ন করে ;

$$Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2+5C=3CaSiO_3+2P+5CO$$

$$SiO_2+2C=Si+2CO\ ,\ Mn_2O_3+3C=2Mn+3CO$$

সিলিকার অবশিষ্টাংশ চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গলিত ধাতুমল ক্যালসিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়। $CaO+SiO_2=CaSiO_3$। সালফার অশুদ্ধি হিসাবে থাকিলে তাহাও আংশিকভাবে চুনের সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফাইডে পরিণত হইয়া ধাতুমলের সহিত মিশিয়া যায়;

$$FeS+CaO+C=Fe+CaS+CO$$

মারুতচুল্লীর অগ্নিস্থলে প্রায় 1500°C তাপমাত্রায় কার্বন, সালফার, ফসফরাস, ম্যাঙ্গানিজ ও সিলিকন অশুদ্ধিযুক্ত আয়রন গলিত অবস্থায় সঞ্চিত হয়। গলিত ধাতুর স্তরের উপর ভাসমান গলিত ধাতুমলের স্তর ধাতুকে অন্তপ্রবিষ্ট বায়ু দ্বারা জারিত হইবার সম্ভাবনা হইতে রক্ষা করে। গলিত ধাতুমলকে অগ্নিস্থলের উপরাংশে অবস্থিত নির্গমপথের মাধ্যমে বাহির করা হয় এবং অগ্নিস্থলের নিম্নাংশে অবস্থিত নির্গমপথের মাধ্যমে গলিত আয়রনকে মধ্যে মধ্যে বাহিরে আনিয়া সরাসরি V-আকৃতিবিশিষ্ট বালুকানির্মিত ছাঁচে শীতল করা হয় অথবা হাতায় (Ladle) করিয়া স্টীল উৎপাদন চুল্লীতে স্থানান্তরিত করা হয়। ছাঁচে শীতলীকরণের ফলে প্রাপ্ত V-আকারের আয়রনকে পিগ আয়রন (Pig iron) বলে। পিগ আয়রনকে পুনরায় গলিত করিয়া শীতল করিলে কাস্ট আয়রন (Cast iron) পাওয়া যায়।

7.3 বাণিজ্যিক আয়রনের বিভিন্ন রূপ

বাণিজ্যিক আয়রনকে সাধারণত তিন প্রকার রূপে দেখিতে পাওয়া যায়:
(a) কাস্ট আয়রন বা পিগ আয়রন, (b) রট (Wrought) আয়রন এবং (c) স্টীল।

(a) কাস্ট আয়রন বা পিগ আয়রন (Cast iron or pig iron): ইহার মধ্যে 2·2% হইতে 4·5% পর্যন্ত কার্বন এবং সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, ফসফরাস, সালফার ইত্যাদি অশুদ্ধি থাকে। কম সিলিকন ও বেশি ম্যাঙ্গানিজ অশুদ্ধিযুক্ত গলিত আয়রনকে দ্রুত শীতল করিলে 'সাদা বা হোয়াইট পিগ আয়রন' পাওয়া যায়, যাহার মধ্যে কার্বন সিমেন্টাইট বা আয়রন কার্বাইড Fe_3C রূপে বর্তমান থাকে। ইহা ভঙ্গুর, স্থূলভাবে কেলাসে গঠিত এবং লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে প্রায় সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন এবং হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে। আবার কম-পক্ষে 2·5% সিলিকন অশুদ্ধিযুক্ত গলিত আয়রনকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে আয়রনে দ্রবীভূত কার্বনের অধিকাংশ সূক্ষ্ম গ্রাফাইট কেলাস রূপে পৃথক হইয়া যায় এবং নরম ঘাতসহ 'ধূসর বা গ্রে পিগ আয়রন' উৎপন্ন হয়। এই গ্রে পিগ আয়রনকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং গ্রাফাইটের অদ্রাব্য কালো অবশেষ পড়িয়া থাকে। মটল্ড (Mottled) পিগ আয়রন উপরি-উক্ত দুই রূপের একটি মিশ্রণ। বিশুদ্ধ আয়রনে কার্বনের দ্রাব্যতা 4·25%, কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ অশুদ্ধির উপস্থিতিতে আরো বেশি কার্বন দ্রবীভূত হইতে পারে।

হোয়াইট পিগ আয়রন বা কাস্ট আয়রনের গলনাঙ্ক প্রায় 1200°C ইহাকে টেম্পারিং (Tempering) বা ওয়েল্ডিং (Welding) করা যায় না। চুম্বকে পরিণত করিলে চুম্বকত্ব ধীরে ধীরে নষ্ট হইয়া যায়, স্থায়ী চুম্বক পাওয়া যায় না।

(b) রট আয়রন (Wrought iron): ইহা মাত্র 0·12–0·25% কার্বনযুক্ত প্রায় বিশুদ্ধ আয়রন। কার্বন, সিলিকন, সালফার ও ফসফরাসের মোট পরিমাণ 0·5%-এর কম। ইহার গলনাঙ্ক 1400°–1500°C, কাস্ট আয়রনের গলনাঙ্ক হইতে উচ্চতর। ইহার গঠন আঁশযুক্ত (Fibrous)। কাস্ট আয়রন দৃঢ় এবং ঘাতসহ। ইহাকে সহজেই ওয়েল্ডিং করিয়া হাতুড়ি দ্বারা পিটানো যায়, কিন্তু টেম্পারিং করা যায় না। ইহাকে স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায় না কিন্তু উত্তম তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত করা যায় (তড়িৎপ্রবাহ চালাইলে চুম্বক হিসাবে কাজ করে কিন্তু বন্ধ করিলেই চুম্বকত্ব অন্তর্হিত হয়)।

(c) ইস্পাত বা স্টীল (Steel): যে-বাণিজ্যিক আয়রনকে উৎপাদন প্রণালীর মধ্যে গলিত করিয়া সংযুতি সংশোধন করা হইয়াছে এবং যাহার মধ্যে কার্বনের পরিমাণ 0·15%–1·5% (অতিকাঠিন্য যুক্ত স্টীলে আরো বেশি), তাহাকে স্টীল বলে। স্টীলের মধ্যে কার্বন ব্যতীতও ম্যাঙ্গানিজ বা অন্যান্য ধাতু থাকিতে পারে। স্টীলের গলনাঙ্ক 1300°–1400°C, কাস্ট আয়রন ও রট আয়রনের মধ্যবর্তী। কাঠিন্যযুক্ত স্টীল বা হার্ড (Hard) স্টীল শক্ত ও ভঙ্গুর কিন্তু মৃদু বা মাইল্ড (Mild) স্টীল নরম ও ঘাতসহ। স্টীলকে টেম্পারিং ও ওয়েল্ডিং করা যায়। ইহাকে উত্তম স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করাও যায়।

আয়রন-কার্বন সমবায়ে নিম্নতম গলনাঙ্কবিশিষ্ট ইউটেক্টিক মিশ্রণ 'পার্লাইটে' (Pearlite – 0·87% কার্বন) বিশুদ্ধ আয়রন (আলফা আয়রন) দানার মধ্যে সিমেণ্টাইট (Fe_3C) সমসত্ত্বভাবে ছড়াইয়া থাকে। গঠনবৈশিষ্ট্যে 0·87% কার্বনযুক্ত 'ইউটেক্টয়েড স্টীল' (Eutectoid steel) প্রায় সম্পূর্ণ পার্লাইট, 'মাইল্ড স্টীল' (Hypoeutectoid steel) পার্লাইট ও আলফা আয়রনের এবং 'হার্ড স্টীল' (Hypereutectoid steel) পার্লাইট ও সিমেণ্টাইটের মিশ্রণ।

7.4 রট (Wrought) আয়রন উৎপাদন : পুডলিং (Pudding) পদ্ধতি

এই পদ্ধতিতে পিগ আয়রনে উপস্থিত কার্বন এবং অন্যান্য অশুদ্ধিকে একটি হিমাটাইট আস্তরণযুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে গলিত করিয়া দূরীভূত করা হয়। হিমাটাইটে উপস্থিত ফেরিক অক্সাইড এবং চুল্লীর ভিতরকার বায়ু অশুদ্ধিগুলিকে জারিত করে। গলিত আয়রনকে আস্তরণের নিবিড় সংস্পর্শে আনিবার জন্য একটি বক্রাগ্র আয়রনদণ্ড দ্বারা গলিত আয়রনকে 'পুড্‌ল' (Puddle) বা আলোড়িত করা হয়। এজন্যই পদ্ধতিটিকে 'পুডলিং পদ্ধতি' বলা হয়। হিমাটাইটের ফেরিক অক্সাইড কার্বনকে জারিত করিয়া বুদ্‌বুদাকারে যে-কার্বন মনোক্সাইড নির্গত করে, তাহা গলিত আয়রনকে ফাঁপাইয়া তোলে; আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় যেন উহা ফুটিতেছে; $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$

অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, ফসফরাস ইত্যাদিও জারিত হইয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। অশুদ্ধিগুলি দূরীভূত হইবার ফলে আয়রনের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায় এবং উহা থক্‌থকে হইয়া উঠে। এই অবস্থায় আয়রনকে বড় বড় বলে বা ব্লুমে (Bloom) পরিণত করিয়া, স্টীমচালিত হাতুড়ির সাহায্যে পিটাইয়া ধাতুমল বাহির করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর উহাকে পাতে বা দণ্ডে পরিণত করা হয়।

বর্তমানে রট আয়রনের পরিবর্তে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মাইল্ড স্টীল ব্যবহৃত হইতেছে। স্টীল উৎপাদনের জন্যও পিগ আয়রনকে আর মধ্যবর্তী স্বতন্ত্র পর্যায়ে রট আয়রনে পরিণত না করিয়া, মারুতচুল্লী হইতে সরাসরি গলিত অবস্থায় স্টীল উৎপাদন চুল্লীতে স্থানান্তরিত করা হইতেছে। সেইজন্য আধুনিক কালে রট আয়রন উৎপাদনের পরিমাণ কমিয়া গিয়াছে।

7.5 স্টীল উৎপাদন

স্টীল উৎপাদনের বিভিন্ন পদ্ধতি নিম্নরূপ :

(1) বিশুদ্ধ রট আয়রনে কার্বন যোগ করিয়া (সিমেন্টেশন পদ্ধতি) ;

(2) পিগ আয়রনে উপস্থিত কার্বনকে বায়ুস্রোতে জারিত করিবার পর উপযুক্ত পরিমাণ কার্বন যোগ করিয়া (বেসিমার পদ্ধতি) ।

(3) পিগ আয়রনের কার্বনকে ফেরিক অক্সাইড এবং মরিচাধরা পুরাতন লৌহ খণ্ডে উপস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিবার পর প্রয়োজনীয় পরিমাণ কার্বন যোগ করিয়া (ওপেন হার্থ পদ্ধতি) ;

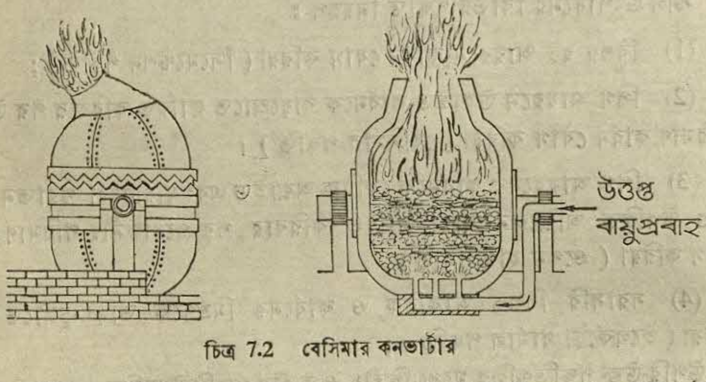
(4) সরাসরি বিশুদ্ধ আকরিক ও কার্বনের মিশ্রণকে তড়িৎ-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া (ইলেকট্রো থার্মাল পদ্ধতি) ;

উপরি-উক্ত পদ্ধতিগুলির মধ্যে দ্বিতীয় ও তৃতীয় পদ্ধতিই অধিক গুরুত্বপূর্ণ।

(1) **সিমেন্টেশন পদ্ধতি (Cementation proccss)** : এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত বাক্সে চারকোল স্তরের মধ্যে কতগুলি রট আয়রন দণ্ড ঢুকাইয়া, বাক্সটিকে চুল্লীর মধ্যে প্রায় 1000°C তাপমাত্রায় দুই-এক সপ্তাহ উত্তপ্ত করা হয়। আয়রন কার্বন শোষণ করিয়া ধীরে ধীরে স্টীলে পরিণত হয়। বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন বিক্ষত স্টীলকে (Blister steel) গ্রাফাইট-নির্মিত ছাঁচে গলিত করিলে উচ্চশ্রেণীর ক্রুসিবল (Crucible) স্টীল উৎপন্ন হয়। রট আয়রনকে চারকোলের সংস্পর্শে স্বল্পতর সময় উত্তপ্ত করিলে উহার বহিস্তল কার্বন শোষণ করিয়া কাঠিন্যযুক্ত হইয়া উঠে এবং উহাকে যুদ্ধক্ষেত্রে বর্ম হিসাবে ব্যবহার করা যায়। 1% অ্যালুমিনিয়ামযুক্ত স্টীলকে অ্যামোনিয়া পরিমণ্ডলে 450°—500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অত্যধিক কাঠিন্যের বহিস্তলবিশিষ্ট স্টীল উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিকে নাইট্রাইডিং (Nitriding) বলে।

(2) বেসিমার পদ্ধতি (Bessemer process) : পিগ আয়রন হইতে স্টীল উৎপাদন করিবার সময় কার্বনের পরিমাণ সংশোধন ব্যতীতও বিভিন্ন অশুদ্ধি দূরীভূত করা হয়। পিগ আয়রনে ফস্ফরাসের পরিমাণ নগণ্য হইলে অ্যাসিড পদ্ধতি এবং ফসফরাসের পরিমাণ অধিক হইলে ক্ষারকীয় পদ্ধতি অনুসৃত হয়। পদ্ধতির এইরূপ নামকরণের কারণ পরিবর্তক বা কনভার্টার (convertor) ব্যবহৃত আস্তরণের রাসায়নিক চরিত্র—আস্তরণ সিলিকা ইটে তৈয়ারী করা হইলে পদ্ধতিকে "অ্যাসিড পদ্ধতি" এবং ম্যাগনেসিয়া বা চুনে প্রস্তুত হইলে ক্ষারকীয় পদ্ধতি বলা হয়।

বেসিমার কনভার্টার : ইহা প্রায় ডিম্বাকৃতি আয়রন-নির্মিত পাত্র যাহাকে দুইটি আনুভূমিক বাহু বা ট্রানিয়ন (Trunnion) হইতে ঝুলন্ত অবস্থায় রাখা হয় এবং প্রয়োজনবোধে আনুভূমিক অক্ষের চারিপাশে ঘুরাইয়া দুই পাশে কাত করা যায়। কনভার্টারের মুখ একদিকে বেঁকানো থাকে বলিয়া একপাশে কাত করিয়া



চিত্র 7.2 বেসিমার কনভার্টার

উহার মধ্যে গলিত পিগ আয়রন ঢালা যায় এবং বিপরীত দিকে কাত করিয়া উহার ভিতর হইতে গলিত ইস্পাত বা ধাতুমল বাহির করা যায়। কনভার্টারের তলদেশে উত্তপ্ত বায়ু অনুপ্রবেশের ছিদ্র থাকে এবং ভিতরকার দেওয়ালের উপর অ্যাসিড পদ্ধতিতে সিলিকা প্রধান ইটের (সিলিকা ব্রিক) আস্তরণ এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে চুন বা ম্যাগনেসিয়া প্রধান ইটের (ডলোমাইট ব্রিক, ম্যাগনেসাইট ব্রিক ইত্যাদি) আস্তরণ দেওয়া হয়।

(a) অ্যাসিড বেসিমার পদ্ধতি : যে-পিগ আয়রনে নগণ্য পরিমাণ ফসফরাস অশুদ্ধি থাকে, সেই পিগ আয়রনকে অ্যাসিড বেসিমার পদ্ধতিতে স্টীলে পরিণত করা হয়। প্রথমে মুখ উপরের দিকে থাকে এইভাবে কনভার্টারটিকে কাত করিয়া উহার মধ্যে গলিত পিগ আয়রন ঢালা হয়। অতঃপর উহাকে উলম্ব অবস্থায় ফিরাইয়া আনিয়া তলদেশ হইতে বায়ুস্রোত চালনা করা হয়।

গলিত ধাতুর ভিতর দিয়া বায়ু বুদ্বুদের আকারে উপরে উঠিবার সময়ে দ্রুত

অশুদ্ধিগুলির জারণ ঘটায়। জারণের ফলে নির্গত উত্তাপ আয়রনকে গলিত অবস্থায় রাখিতে সাহায্য করে। প্রথমে সিলিকন ও ম্যাঙ্গানিজ জারিত হইয়া সিলিকা ও ম্যাঙ্গানাস অক্সাইডে পরিণত হয়। ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড আংশিকভাবে উৎপন্ন সিলিকা এবং আংশিকভাবে আস্তরণের সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাঙ্গানাস সিলিকেট ধাতুমলে পরিণত হয়।

$2Mn+O_2=2MnO$, $Si+O_2=SiO_2$; $MnO+SiO_2=MnSiO_3$ (ধাতুমল)

সালফার সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া নির্গত হয়। জারণক্রিয়ার ফলে সামান্য পরিমাণ আয়রন ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হইলে উহা তৎক্ষণাৎ ম্যাঙ্গানিজ ও সিলিকনকে জারিত করিয়া পুনরায় ধাতব আয়রন উৎপন্ন করে।

$S+O_2=SO_2$; $2Fe+O_2=2FeO$; $FeO+Mn=Fe+MnO$;
$2FeO+Si=2Fe+SiO_2$; $FeO+SiO_2=FeSiO_3$

অতঃপর কার্বন জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড নির্গত করে, যাহা কনভার্টারের মুখে নীল সীমানাযুক্ত কমলা-হলুদ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।

$2C+O_2=2CO$; $2CO+O_2=2CO_2$

ছয় হইতে আট মিনিটের মধ্যে কার্বনের জারণ সম্পূর্ণ হয় এবং শিখাটি নিভিয়া যায়। এই অবস্থায় কনভার্টারের ভিতরকার আয়রন সামান্য ফেরাস অক্সাইড মিশ্রিত রট আয়রন রূপ লাভ করে, কিন্তু তখনো গলিত অবস্থায় থাকে। ইহাকে স্টীলে পরিণত করিবার জন্য বায়ুচালনা বন্ধ করিয়া কনভার্টারকে পুনরায় কাত করা হয় এবং উহার মধ্যে হিসাবমত কার্বন যোগ করিবার জন্য 'স্পিগেল আইজেন' (Spiegeleisen ; Spiegel = আয়না, Eisen = লৌহ) নামক আয়রন-ম্যাঙ্গানিজ-কার্বন সংকর ধাতু নিক্ষেপ করা হয়। অতঃপর কনভার্টারকে পুনরায় উল্লম্ব অবস্থায় আনিয়া কয়েক মুহূর্ত বায়ুচালনা করিলে ভিতরকার পদার্থগুলি উত্তমরূপে মিশ্রিত হইয়া যায়। পরিশেষে কনভার্টারকে বিপরীত দিকে কাত করিয়া বড় বড় হাতায় (Ladle) গলিত ইস্পাত ঢালা হয়। পরিশেষে গলিত ইস্পাতকে উপরকার ধাতুমলের স্তর হইতে পৃথক করার পর ছাঁচে শীতল করা হয়।

স্পিগেল আইজেন অতিক্রত রট আয়রনে দ্রবীভূত অক্সিজেন বা ফেরাস অক্সাইডকে বিজারিত করে এবং ইহার মধ্যে উপস্থিত কার্বন আয়রন কার্বাইড (Fe_3C)-রূপে থাকে বলিয়া সহজেই রট আয়রনে দ্রবীভূত হইয়া স্টীল উৎপন্ন করিতে পারে। এইজন্যই মধ্যবর্তী পর্যায়ে উৎপন্ন রট আয়রনকে স্টীলে পরিণত করার জন্য বিশুদ্ধ কার্বনের পরিবর্তে স্পিগেল আইজেন ব্যবহৃত হয়। শীতলীকরণের পর যাহাতে স্টীলের দেহে বায়ুচালনার রন্ধ্র (Blow hole) থাকিয়া না যায় সেজন্য অনেক সময় স্টীলের মধ্যে অল্প অ্যালুমিনিয়াম অথবা ফেরোসিলিকন যোগ করিয়া বুদ্বুদাকারে উপস্থিত গ্যাস শোষণ করা হয়।

(b) **ক্ষারকীয় বেসিমার বা টমাস গিলক্রিস্ট** (**Tomas-gilchrist**) **পদ্ধতি :** পিগ আয়রনে বেশি ফসফরাস অশুদ্ধি হিসাবে থাকিলে ক্ষারকীয় বেসিমার পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে বেসিমার কনভার্টারে ম্যাগনেসাইট ব্রিক বা ডলোমাইট ব্রিকের মত ক্ষারকীয় ইটে প্রস্তুত আস্তরণ থাকে।

প্রথমে কনভার্টারের মধ্যে চুনাপাথর ও জলন্ত কোক অনুপ্রবিষ্ট করিয়া কিছুক্ষণ বায়ুচালনা করা হয়। অতঃপর কনভার্টার কাত করিয়া ভিতরে গলিত পিগ আয়রন ঢালার পর আবার উল্লম্ব অবস্থায় আনিয়া বায়ুচালনা করা হয়। প্রথমে সিলিকন ও ম্যাঙ্গানিজ জারিত হইয়া ধাতুমল উৎপন্ন করে, পরে কার্বন ও ফসফরাস একই সঙ্গে জারিত হইতে শুরু করে এবং উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড কনভার্টারের মুখে নীল সীমানাবিশিষ্ট শিখায় জলিতে থাকে ;

$$2C+O_2=2CO\ ;\quad 2CO+O_2=2CO_2$$

সমস্ত কার্বন জারিত হইয়া গেলে ঐ শিখা নিষ্প্রভ হইয়া যায়। কিন্তু তাহার পরেও কিছুক্ষণ বায়ুচালনা করিয়া ফসফসাসের জারণ সম্পূর্ণ করা হয়। ফসফরাসের জারণের ফলে উৎপন্ন ফসফরাস পেন্টঅক্সাইড চুনাপাথরের বিয়োজনে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম (বা ম্যাগনেসিয়াম) ফসফেট ধাতুমলে পরিণত হয়। সালফার উপস্থিত থাকিলে ক্যালসিয়াম সালফাইডে পরিণত হইয়া ধাতুমলের সহিত বাহির হইয়া যায় ;

$$CaCO_3=CaO+CO_2\ ;\ 4P+5O_2=2P_2O_5$$
$$4CaO+P_2O_5=Ca_3(PO_4)_2,\ CaO\ (\text{ধাতুমল})$$
$$FeS+CaO=FeO+CaS$$

পরিশেষে উৎপন্ন রট আয়রনকে হাতায় (**Ladle**) ঢালিয়া স্পিগেল আইজেন যোগ করিবার পূর্বে উহার উপরে ভাসমান গলিত ধাতুমল স্তরকে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। কারণ ফসফেট ধাতুমলের উপস্থিতিতে কার্বন যোগ করিলে, অক্সিজেনের প্রতি কার্বনের আসক্তি ফসফরাস অপেক্ষা অধিক হওয়ার জন্য, ফসফরাস পেন্টঅক্সাইড বিজারিত হইয়া পুনরায় মুক্ত ফসফরাসে পরিণত হয় ;

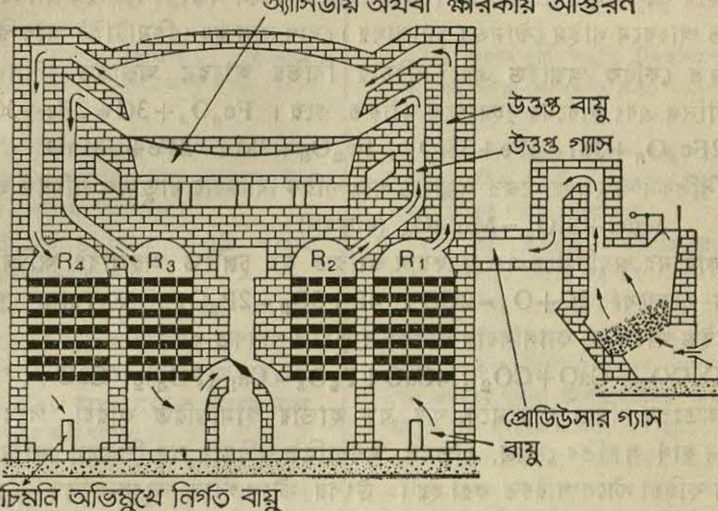
$$P_2O_5+5C=2P+5CO$$

ধাতুমল অপসারণের পর উৎপন্ন রট আয়রনে যথারীতি হিসাবমত স্পিগেল আইজেন মিশ্রিত করিলে স্টীল পাওয়া যায়।

এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত ধাতুমলকে টমাস স্ল্যাগ (**Tomas slag**) বলে। ইহার মধ্যে ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে এবং তাই ইহাকে সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

(3) **সিমেন্স-মার্টিন ওপেন হার্থ পদ্ধতি** (**Siemens Martin Open hearth process**) **:** অধিকাংশ উচ্চ মানের স্টীল ওপেন হার্থ পদ্ধতির সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়। চিত্রে প্রদর্শিত ওপেন হার্থ চুল্লীতে ফসফরাস অশুদ্ধিযুক্ত পিগ আয়রনের ক্ষেত্রে চুন বা ম্যাগনেসিয়া প্রধান ইটের আস্তরণ এবং ফসফরাস

অশুদ্ধিহীন পিগ আয়রনের ক্ষেত্রে সিলিকা প্রধান ইটের আস্তরণ ব্যবহৃত হয়। চুল্লীর পীঠিকায় (**Bed**) গলিত পিগ আয়রন ঢালিয়া, চুল্লীটিকে ওপেন হার্থের পার্শ্বে



চিত্র 7.3 সিমেন্স-মার্টিন ওপেন হার্থ পদ্ধতি

অবস্থিত 'প্রডিউসারে' উৎপন্ন প্রডিউসার গ্যাসের সাহায্যে, তাপ পুনরুৎপাদক প্রণালীতে উত্তপ্ত করা হয়।

তাপ পুনরুৎপাদক প্রণালীতে, চুল্লীর মধ্যে দহনের জন্য প্রেরিত প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুকে, চুল্লী হইতে নির্গত তপ্ত গ্যাস মিশ্রণের উত্তাপের সাহায্যে, দহনের পূর্বেই পৃথক পৃথক ভাবে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। ফলে ঘরের উষ্ণতায় প্রেরিত প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ু যদি দহনের পরে, ধরা যাক 1100°C তাপমাত্রা সৃষ্টি করে, তাহা হইলে 700°C-এ উত্তপ্ত অবস্থায় প্রেরিত হইলে তাহারা দহনের পরে আরো অনেক বেশি হয়তো প্রায় 1800°C তাপমাত্রা সৃষ্টি করিবে।

এজন্য প্রডিউসার গ্যাসকে ইটের ঘুলঘুলি (Chequer brickwork) সমন্বিত উত্তপ্ত পুনরুৎপাদক R_2-এর মধ্য দিয়া এবং বায়ুকে অনুরূপ অন্য একটি উত্তপ্ত পুনরুৎপাদক R_1-এর মধ্য দিয়া চালিত করিয়া, ওপেন হার্থের মধ্যে মিলিত ও দহিত হইবার পূর্বে উত্তপ্ত করা হয়। দহনের ফলে উৎপন্ন তপ্ত গ্যাসমিশ্রণকে আবার অন্য দুইটি শীতল পুনরুৎপাদক R_3 ও R_4-এর মধ্য দিয়া চালিত করিয়া সেগুলিকে উত্তপ্ত করা হয়। পুনরুৎপাদক R_1 ও R_2 যথাক্রমে বায়ু ও প্রডিউসার গ্যাসকে উত্তপ্ত করিতে করিতে নিজেরা শীতল হইয়া যায়। তখন R_3 ও R_4-কে অনুপ্রবিষ্ট বায়ু ও গ্যাস উত্তপ্ত করিবার জন্য ব্যবহার করিয়া নির্গত গ্যাসের উত্তাপের সাহায্যে R_1 ও R_2-কে পুনরায় উত্তপ্ত করা হয়। পুনরুৎপাদকগুলি এই প্রণালীতে পর্যায়ক্রমে কাজ করে।

পিগ আয়রনে উপস্থিত কার্বনকে জারিত করিবার জন্য মধ্যে মধ্যে মরিচাধরা পুরানো আয়রন খণ্ড এবং উচ্চমানের হিমাটাইট আকরিক যোগ করা হয়। ক্ষারকীয় ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে (অর্থাৎ পিগ আয়রনে ফসফরাস অধিক থাকিলে) গলিত আয়রনে লাইম স্টোনও (চুনাপাথর) যোগ করা হয়। হিমাটাইট আকরিকে উপস্থিত ফেরিক অক্সাইড এবং মরিচার বিভিন্ন আয়রন অক্সাইড সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ এবং কার্বনের বৃহদংশকে জারিত করে। $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$

$2Fe_2O_3+3Si=4Fe+3SiO_2$, $Fe_2O_3+3Mn=2Fe+3MnO$

সিলিকন ও ম্যাঙ্গানিজের অক্সাইড পারস্পরিক বিক্রিয়ায় ধাতুমলে পরিণত হয়,

$MnO+SiO_2=MnSiO_3$ (ধাতুমল)

কার্বনের অবশিষ্টাংশ এবং ফস্‌ফরাস জারিত হয় চুল্লীতে অনুপ্রবিষ্ট অতিরিক্ত বায়ুর সাহায্যে $2C+O_2=2CO$, $4P+5O_2=2P_2O_5$ । ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইড ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম ফসফেট ধাতুমলে পরিণত হয়।

$CaCO_3=CaO+CO_2$, $4CaO+P_2O_5=Ca_3(PO_4)_2$, CaO।

অতঃপর গলিত আয়রনকে বড় বড় হাতায় স্থানান্তরিত করিয়া, ক্ষারকীয় ওপেন হার্থ পদ্ধতির ক্ষেত্রে, ধাতুমল অপসারিত করিবার পর স্পিগেল আইজেন যোগ করিয়া স্টীলে পরিণত করা হয়। উৎপন্ন স্টীলে গ্যাস বুদ্‌বুদ-জনিত ছিদ্রের আশঙ্কা দূর করার জন্য শেষ পর্যায়ে গলিত স্টীলে সামান্য অ্যালুমিনিয়াম অথবা ফেরোসিলিকন যোগ করা যাইতে পারে।

ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে স্টীল উৎপাদনে 8-10 ঘণ্টা সময় লাগে।

(4) **ইলেক্ট্রোথার্মাল পদ্ধতি :** সুইডেন ইত্যাদি কতগুলি স্ক্যাণ্ডিনেভিয়ান দেশে বিদ্যুৎশক্তি সস্তা বলিয়া বিশুদ্ধ ফেরিক অক্সাইড আকরিককে প্রয়োজনীয় পরিমাণ কার্বন মিশাইবার পর সরাসরি তড়িৎ-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া স্টীলে পরিণত করা হয়। তবে সাধারণত ইলেকট্রোথার্মাল পদ্ধতি অ্যালয় স্টীল উৎপাদনে অথবা নিম্নশ্রেণীর স্টীলকে উচ্চশ্রেণীর স্টীলে পরিণত করিতেই ব্যবহৃত হয়।

ডুপ্লেক্স পদ্ধতি : স্টীল উৎপাদনের অ্যাসিড পদ্ধতিতে ফস্‌ফরাস দূরীভূত করা যায় না, আবার ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ম্যাঙ্গানিজ সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা সম্ভব হয় না। ফসফরাস অশুদ্ধিযুক্ত পিগ আয়রন হইতে অত্যন্ত উচ্চশ্রেণীর স্টীল প্রস্তুতির জন্য অনেক সময় অ্যাসিড বেসিমার পদ্ধতি ও ক্ষারকীয়ওপেন হার্থ পদ্ধতি,উভয়েরই সাহায্য গ্রহণ করা হয়। প্রথমে গলিত পিগ আয়রনকে অ্যাসিড বেসিমার পদ্ধতির সাহায্যে সম্পূর্ণ ম্যাঙ্গানিজমুক্ত স্টীলে পরিণত করা হয়। পরবর্তী পর্যায়ে ঐ ম্যাঙ্গানিজমুক্ত স্টীলকে ক্ষারকীয় ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে ফসফরাসমুক্ত করার পর পুনরায় স্টীলে পরিণত করা হয়। এই উচ্চশ্রেণীর স্টীলকে ডুপ্লেক্স স্টীল বলে।

7.6 বেসিমার পদ্ধতি ও ওপেনহার্থ পদ্ধতির তুলনা

বেসিমার পদ্ধতি	ওপেন হার্থ পদ্ধতি
(1) বেসিমার পদ্ধতি দ্রুত। এক একটি পর্যায়ে মাত্র 8-10 মিনিটে সম্পূর্ণ হয়।	(1) ওপেন হার্থ পদ্ধতি ধীরগতিসম্পন্ন। এক একটি পর্যায় শেষ হইতে 8-10 ঘণ্টা সময় লাগে।
(2) কিন্তু বেসিমার কনভার্টারের আকার খুব বড় করা যায় না বলিয়া বৃহদাকার উৎপাদন ব্যবস্থা অসুবিধাজনক।	(2) ওপেন হার্থের আকার ইচ্ছামত বড় করা যায় বলিয়া আধুনিক অতিবৃহৎ উৎপাদন ব্যবস্থা সহজেই গড়িয়া তোলা যায়।
(3) ইহাতে কোন জ্বালানি ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না।	(3) এই পদ্ধতিতে প্রডিউসার গ্যাসকে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়।
(4) পিগ আয়রনের কার্বন জারিত করিবার জন্য বায়ুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হয় এবং স্টীল পরিমাণে ব্যবহৃত পিগ আয়রনের প্রায় সমান থাকিয়া যায়। পুরাতন আয়রন খণ্ডের সদ্ব্যবহার করা যায় না।	(4) পিগ আয়রনের অধিকাংশ কার্বন জারিত করিবার জন্য অক্সাইড আকরিক ব্যবহৃত হয় এবং মরিচাধরা পুরাতন আয়রনখণ্ড যোগ করা হয় বলিয়া উৎপন্ন স্টীলের পরিমাণ ব্যবহৃত পিগ আয়রন অপেক্ষা বেশি হয়।
(5) এই পদ্ধতিতে নিম্ন মানের আকরিক হইতে উৎপন্ন পিগ আয়রন ব্যবহার করা যায় না। পিগ আয়রনে অধিক পরিমাণ ফসফরাস অশুদ্ধি থাকিলে, উহাকে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায় না।	(5) এই পদ্ধতিতে নিম্ন মানের আকরিক হইতে উৎপন্ন পিগ আয়রনকে এবং অধিক ফসফরাস অশুদ্ধিযুক্ত পিগ আয়রনকেও ব্যবহার করা যায়।
(6) অত্যন্ত দ্রুতবেগে বিক্রিয়া হয় বলিয়া উৎপন্ন স্টীলের মান নিয়ন্ত্রণ করা অসুবিধাজনক। তাই এই পদ্ধতিতে উন্নত শ্রেণীর স্টীল প্রস্তুত করা যায় না।	(6) বিক্রিয়া ধীরগতি বলিয়া বিক্রিয়া চলাকালে নমুনা বিশ্লেষণ করিয়া সঠিক মানের উন্নত শ্রেণীর স্টীল প্রস্তুত করা যায়।

7.7 লিনৎস ডোনাভিৎস বা এল. ডি. পদ্ধতি (Lintz Donavitz or L. D. process)

অধুনা ওপেন হার্থ পদ্ধতির ধীরগতি বাড়াইবার এবং ব্যবহৃত পিগ আয়রনে উপস্থিত কার্বনকে আংশিকভাবে জারিত করিয়া সরাসরি স্টীল উৎপাদন করিবার জন্য, এল. ডি. পদ্ধতির প্রচলন শুরু হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে তরলীভূত বায়ুর আংশিক পাতনে উৎপন্ন বাণিজ্যিক (99·5% বিশুদ্ধ) অক্সিজেনকে, ক্ষারকীয় আস্তরণযুক্ত ওপেন হার্থ চুল্লীতে রক্ষিত গলিত পিগ আয়রনের মধ্যে, শব্দোত্তর গতিতে চালিত করিয়া অশুদ্ধিগুলিকে সম্পূর্ণভাবে এবং কার্বনকে আংশিকভাবে জারিত করা হয়। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন স্টীল বেসিমার বা প্রচলিত ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে উৎপন্ন স্টীল অপেক্ষা উন্নততর মানের হয়। ভারতবর্ষে রাউরকেল্লায় ক্ষুদ্র আকারে এই পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া মাত্র 40 মিনিটের মধ্যে উৎপাদনের এক একটি পর্যায় শেষ করা সম্ভব হইতেছে।

7.8 বিশুদ্ধ আয়রন প্রস্তুতি

(1) ফেরিক নাইট্রেটের বিশুদ্ধ কেলাসকে তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করিয়া, উৎপন্ন বিশুদ্ধ ফেরিক অক্সাইডকে 1000°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে বিজারিত করিলে বিশুদ্ধ আয়রন পাওয়া যায় ;

$$4[Fe(NO_3)_3,\ 9H_2O] = 2Fe_2O_3 + 36H_2O + 12NO_2 + 3O_2$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O$$

(2) ফেরাস সালফেট, ফেরাস ক্লোরাইড অথবা ফেরাস অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলেও ক্যাথোডে আয়রন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন আয়রনকে বায়ুশূন্য স্থানে গলিত করিলে বিশুদ্ধ আয়রন পাওয়া যায়।

$$Fe^{++} + 2e \rightarrow Fe$$

(3) বাণিজ্যিক ভিত্তিতে বিশুদ্ধ আয়রন প্রস্তুতির জন্য আয়রন কার্বনিল (120°C তাপমাত্রায় আয়রন চূর্ণের উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড চালনার ফলে উৎপন্ন), $Fe(CO)_5$-কে বিকিরিত তাপের সাহায্যে 200°—250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নলের মধ্যে চালিত করিয়া বিয়োজিত করা হয় ;

$$Fe(CO)_5 = Fe + 5CO$$

(4) ফেরাস কার্বনেট বা ফেরাস অক্সালেটকে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত অক্সাইডকে 435°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের স্রোতে উত্তপ্ত করিলে পাইরোফোরিক (Pyrophoric) অর্থাৎ স্বতঃস্ফূর্তভাবে দাহ্য আয়রনের, অতি সূক্ষ্মাকার চূর্ণ উৎপন্ন হয় ; $FeCO_3 = FeO + CO_2$; $FeO + H_2 = Fe + H_2O$।

7.9 আয়রনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ আয়রন সাদা, নমনীয়, ঘাতসহ (malleable) ও প্রসার্যশীল (ductile) ধাতু। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·87 এবং গলনাঙ্ক 1530°C। ইহাকে অস্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায়। ইহা সহজেই হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং কার্বন মনোক্সাইডকে অন্তর্ধৃত (Occlude) করিতে পারে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) শুষ্ক বায়ুর সহিত আয়রন কোনরূপ ক্রিয়া করে না কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে ইহার উপর বাদামী বর্ণ মরিচার—প্রধানত সোদক ফেরিক অক্সাইড Fe_2O_3, H_2O-এর আস্তরণ গঠিত হয়। বায়ু বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে ইহা উজ্জ্বলভাবে জলিয়া উঠে এবং স্ফুলিঙ্গ উদ্গীরণ করিয়া ফেরোসোফেরিক অক্সাইড Fe_3O_4-তে পরিণত হয়। $3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$

(2) লোহিততপ্ত আয়রনের উপর দিয়া স্টীম চালনা করিলেও হাইড্রোজেনের সহিত ফেরোসোফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$।

এই বিক্রিয়ার ভিত্তিতে লেন পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন শিল্পোৎপাদন করা হয়।

(3) ইহা সহজেই লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন নির্গত করে ; $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$

$$Fe + H_2SO_4\ (\text{লঘু}) = FeSO_4 + H_2$$

কিন্তু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ইহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরিক সালফেট ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ;

$$2Fe + 6H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2$$

আয়রন অতি লঘু বা মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডেও দ্রবীভূত হয়, কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে নিষ্ক্রিয় (Passive) রূপে পরিণত হইয়া

$$4Fe + 10HNO_3 \text{ (অতি লঘু, শীতল)} = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

$$4Fe + 10HNO_3 \text{ (অতি লঘু, উষ্ণ)} = 4Fe(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

$$Fe + 4HNO_3 \text{ (মধ্যম গাঢ়)} = Fe(NO_3)_3 + NO + 2H_2O$$

(4) ইহা কপারের মত তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে ইহার নিম্নে অবস্থিত ধাতুগুলিকে সংশ্লিষ্ট লবণের দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত করে ;

$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$

(5) উত্তপ্ত অবস্থায় আয়রন সরাসরি কার্বন, সালফার বা ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে কার্বাইড, সালফাইড বা ক্লোরাইডে পরিণত হয় ;

$$3Fe + C = Fe_3C \text{ ; } Fe + S = FeS \text{ ; } 2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

(6) কার্বন মনোক্সাইড 120°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত আয়রনের সহিত যুক্ত হইয়া উদ্বায়ী আয়রন কার্বনিল $Fe(CO)_5$ গঠন করে, যাহা 180°C-এর উর্ধ্বে উত্তপ্ত হইলে পুনরায় বিয়োজিত হইয়া বিশুদ্ধ আয়রনের অতি সূক্ষ্ম চূর্ণ উৎপন্ন করে ;

$$Fe + 5CO \rightleftharpoons Fe(CO)_5$$

(7) আয়রন পারদ সংকর সহজে গঠিত না হইলেও আয়রনকে জল ও মারকিউরিক ক্লোরাইডের সহিত ঘর্ষণ করিলে উহা উৎপন্ন হয় ;

$$HgCl_2 + Fe = FeCl_2 + Hg \text{ ; } Fe + Hg = Fe, Hg$$

মার্কারি ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া ফেরাস সালফেট দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অথবা ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম পারদ সংকর যোগ করিলেও আয়রন পারদ সংকর উৎপন্ন হয় ;

$$2Na, Hg + FeCl_2 = Fe, Hg + Hg + 2NaCl$$

7.10 আয়রনে মরিচা ধরা (Rusting of iron)

সাধারণ আয়রন সামগ্রী আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে থাকিলে ধীরে ধীরে উহার উপর একটি বাদামী রঙের আস্তরণ গঠিত হয় এবং আয়রন ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকে। মরিচা নামে পরিচিত এই বাদামী রঙের আস্তরণ মুখ্যত সোদক ফেরিক অক্সাইড ; Fe_2O_3, H_2O বা $Fe(OH)O$। অবশ্য মরিচা গঠনের প্রথম পর্যায়ে ইহার মধ্যে বেশ কিছু ফেরাস হাইড্রক্সাইড ও ফেরাস কার্বনেটও মিশ্রিত থাকে। কিন্তু সেগুলি ক্রমশ জারিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়।

মরিচার উৎপত্তি সম্পর্কিত বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে নিম্নলিখিত তথ্যগুলি পাওয়া যায় : (1) মরিচা ধরার জন্য জল বা জলীয় বাষ্প এবং বায়ুর অক্সিজেন অত্যাবশ্যক। (2) বিশুদ্ধ সমসত্ত্ব আয়রনে মরিচা ধরে না ; আয়রনে অশুদ্ধির উপস্থিতি এবং

উহার অসমসত্বতা মরিচা উৎপত্তির অন্যতম প্রয়োজনীয় শর্ত। (3) বায়ুতে অল্প পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি মরিচা গঠনে সাহায্য করে। (4) জলে ক্লোরাইড বা সালফেট আয়নের উপস্থিতি মরিচা গঠনে সাহায্য করে কিন্তু হাইড্রক্সিল আয়নের উপস্থিতি মরিচা গঠনে বাধা দেয়।

মরিচা গঠনের কারণ : মরিচা গঠনের কারণ সম্পর্কে নিম্নলিখিত তিনটি তত্ত্ব প্রচলিত : (1) বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতিই মরিচা গঠনের কারণ। কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতিতে আয়রন মধ্যবর্তী স্তরে ফেরাস কার্বনেট উৎপন্ন করিয়া জারিত হয় ;

$$Fe + CO_2 + H_2O = FeCO_3 + H_2$$
$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

সেইজন্য দেখা যায় ক্ষারীয় জল কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া মরিচা নিবারণ করে।

(2) অনেকে বলেন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপত্তির মাধ্যমেই আয়রনে মরিচা ধরে ; $Fe + O_2 + H_2O = FeO + H_2O_2$;

$$2FeO + H_2O_2 = Fe_2O_3 + H_2O$$

সেইজন্য দেখা যায়, যেসব পদার্থ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড বিজারিত করে, তাহারা মরিচা ধরাও নিবারণ করে। অবশ্য মরিচা ধরা কালে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপত্তির কোন প্রত্যক্ষ প্রমাণ তাঁহারা দেখাইতে পারেন নাই।

(3) যেহেতু বিশুদ্ধ সমসত্ব আয়রনে মরিচা ধরে না, সেজন্য মরিচার উৎপত্তি সম্পর্কে সর্বাধুনিক মত এই যে, আয়রনের মধ্যে উপস্থিত কম সক্রিয় অশুদ্ধি কণিকা আয়রনের সমবায়ে জলের সংস্পর্শে অতি ক্ষুদ্র ভোল্টীয় কোষ উৎপন্ন করে। এইরূপ কোষে আয়রন-তড়িদ্দ্বারে আয়রন ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ফেরাস আয়ন রূপে দ্রবণে চলিয়া আসে এবং ঐ ইলেকট্রন বহির্বর্তনীর মারফৎ অশুদ্ধি কণিকায় গঠিত তড়িদ্দ্বারে আসিয়া জলের আয়নীভবনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়নকে হাইড্রোজেনে পরিণত করে।

বিক্রিয়া : $H_2O \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$

আয়রন তড়িদ্দ্বারে $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e$

অশুদ্ধি কণিকা তড়িদ্দ্বারে $H^+ + e \rightarrow [H]$; $2[H] \rightarrow H_2$

হাইড্রোজেন আয়ন অপসারণের ফলে জলে হাইড্রক্সিল আয়ন সঞ্চিত হইতে থাকে এবং ব্যাপনের ফলে ফেরাস আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া ফেরাস হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $Fe^{++} + 2(OH^-) \rightarrow Fe(OH)_2$ ।

মুক্তিপ্রাপ্ত জায়মান হাইড্রোজেন পরস্পর সংযুক্ত হইয়া গ্যাসীয় হাইড্রোজেনে পরিণত হইলে ছদনের (Polarisation) ফলে শীঘ্রই তড়িৎ-কোষের ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। কিন্তু জলে অক্সিজেন দ্রবীভূত থাকিলে উহা জায়মান হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়া ছদন নিবারণ করে এবং তড়িৎ-কোষের ক্রিয়া অব্যাহত থাকে ;

$$4[H] + O_2 = 2H_2O$$

এইরূপে মরিচা ধরার প্রাথমিক পর্যায়ে যে ফেরাস হাইড্রক্সাইড গঠিত হয়, তাহা ধীরে ধীরে বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেনের সাহায্যে সোদক ফেরিক অক্সাইডে জারিত হইয়া বাদামী বর্ণ ধারণ করে।

$$4Fe(OH)_2 + O_2 = 2(Fe_2O_3,\ H_2O) + 2H_2O$$

7.12 মরিচা নিবারণ

মরিচা ধরা নিবারণের জন্য আয়রন-নির্মিত সামগ্রীর তল যাহাতে জলবায়ু সংস্পর্শে না আসিতে পারে, সেজন্য উহার উপর একটি রক্ষাকারী প্রলেপ দেওয়া হয়। এরূপ রক্ষাকারী প্রলেপ নিম্নলিখিত উপায়ে সৃষ্টি করা যায়ঃ (1) গ্যালভ্যানাইজেশন (জিঙ্ক প্রলেপ), টিনিং (টিন প্রলেপ) অথবা ক্যালোরাইজেশন (অ্যালুমিনিয়াম প্রলেপ) করিয়া; (2) পেন্ট, ভার্নিস, ল্যাকার, আলকাতরা, পিচ, বা চুনকামের আস্তরণ সৃষ্টি করিয়া, (3) নিকেল বা ক্রোমিয়ামের তড়িৎ-লেপন দ্বারা; (4) উত্তপ্ত আয়রন দ্রব্যের উপর স্টীম চালনা দ্বারা ফেরোসোফেরিক অক্সাইডের আস্তরণ সৃষ্টি করিয়া (বার্ফ পদ্ধতি-Barff's process)। (5) নিকেল, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি ধাতু দ্বারা সংকরায়িত হইলেও আয়রনে মরিচা ধরা বন্ধ হয়।

গ্যালভ্যানাইজেশন ও টিনিং-এর তুলনাঃ মরিচা নিবারণে গ্যালভ্যানাইজেশন টিনিং অপেক্ষা অনেক বেশি কার্যকর। টিনপ্রলিপ্ত আয়রন হইতে আঁচড় লাগিয়া সামান্য টিন অপসারিত হইলে উন্মোচিত আয়রন তল ও টিন জলের সংস্পর্শে একটি ভোল্টীয় কোষ উৎপন্ন করে। তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে আয়রন টিন অপেক্ষা উচ্চতর স্থানের অধিকারী। ফলে টিন তড়িদ্দ্বারে হাইড্রোজেন নির্গত হয় ও আয়রন ক্ষয় পাইতে থাকে। $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$, আয়রন তড়িদ্দ্বারে বিক্রিয়া $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e$ এবং $Fe^{++} + 2(OH^-) = Fe(OH)_2$, টিন তড়িদ্দ্বারে বিক্রিয়া $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$। কিন্তু তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে জিঙ্কের স্থান আয়রন অপেক্ষা উচ্চতর বলিয়া গ্যালভ্যানাইজড আয়রনের ক্ষেত্রে বিপরীত ঘটনা ঘটে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়া $H_2 \rightleftharpoons H^+ + OH^-$; আয়রন তড়িদ্দ্বারে $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$, জিঙ্ক তড়িদ্দ্বারে $Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e$ এবং $Zn^{++} + 2(OH^-) = Zn(OH)_2$ সেইজন্য যতক্ষণ সামান্য জিঙ্কও প্রলিপ্ত থাকে ততক্ষণ আয়রন ক্ষয়প্রাপ্ত না হইয়া জিঙ্কই ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। কিন্তু প্রথম ক্ষেত্রে আঁচড় লাগা জায়গা দ্রুত ছিদ্র হইয়া যায়। কিন্তু মরিচারোধে জিঙ্ক প্রলেপের সুবিধা থাকা সত্ত্বেও ইহার বিষক্রিয়া আছে বলিয়া খাদ্যবস্তু সংরক্ষণের ব্যবহৃত লৌহপাত্র গ্যালভ্যানাইজ না করিয়া টিনিং করা হয়।

7.12 আয়রনের নিষ্ক্রিয়তা (Passivity of iron)

উজ্জ্বল আয়রনখণ্ডকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে (আ. গু.$>$1·25) ডুবাইলে ইহা প্রথমে সামান্য আক্রান্ত হয়, কিন্তু অল্পক্ষণ পরেই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ বন্ধ হইয়া যায়। এইরূপ অবস্থাকে আয়রনের নিষ্ক্রিয় অবস্থা (passive state) বলে। নিষ্ক্রিয় অবস্থায় আয়রনের সাধারণ ধর্ম পরিবর্তিত হয়। ইহা আর তখন লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না অথবা কপার সালফেট দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া কপার অধঃক্ষিপ্ত করিতে পারে না।

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যতীতও অনেক জারক দ্রব্য, যেমন ক্লোরিক অ্যাসিড, আয়োডিক অ্যাসিড, ক্রোমিক অ্যাসিড, আর্সেনিক অ্যাসিড, সিলভার নাইট্রেট বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ আয়রনের নিষ্ক্রিয় অবস্থা আনিতে পারে। শুষ্ক নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস আয়রনকে নিষ্ক্রিয় করার বিষয়ে নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা বেশি কার্যকর। অ্যানোডীয় জারণের* ফলেও আয়রন নিষ্ক্রিয় রূপে পরিণত হয়।

পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হইয়াছে যে, আয়রনের নিষ্ক্রিয়তার কারণ উহার বহিস্তলে এক অদৃশ্য, অবিচ্ছিন্ন, দৃঢ়সংলগ্ন ফেরিক অক্সাইড আবরণের উৎপত্তি। উত্তমরূপে ঘর্ষণ করিলে, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া সক্রিয় আয়রন খণ্ড দ্বারা স্পর্শ করিলে, গাঢ় ক্ষারীয় দ্রবণে ডুবাইলে অথবা হাইড্রোজেনের স্রোতে উত্তপ্ত করিলে, নিষ্ক্রিয় আয়রন পুনরায় সক্রিয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

7.13 স্টীলের তাপ-প্রভাবন (Heat treatment of steel)

স্টীলের ধর্ম উহার মধ্যে উপস্থিত কার্বনের পরিমাণ ব্যতীতও তাপ-প্রভাবনের (Heat treatment) উপর নির্ভরশীল। লোহিততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিবার পর অকস্মাৎ জলে ফেলিয়া শীতল করিলে, স্টীল অত্যন্ত কাঠিন্যযুক্ত ও ভঙ্গুর হইয়া উঠে। ইহাকে স্টীলের কাঠিন্যপ্রাপ্তি (Hardening of steel) বলে। কাঠিন্যপ্রাপ্ত স্টীলকে সাবধানে 230° হইতে 300° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করার পর ধীরে ধীরে শীতল করিলে, স্টীলের ভঙ্গুরতা দূরীভূত হয়, কিন্তু কাঠিন্য থাকিয়া যায়। এই প্রক্রিয়াকে টেম্পারিং (Tempering) বলে। অপরপক্ষে লোহিততপ্ত স্টীলকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে উহার কাঠিন্য লোপ পায়। স্টীলকে নরম করিবার এই প্রণালীকে স্টীলের কোমলায়ন (Annealing) বলা হয়। 0·5% হইতে 1·5% কার্বনযুক্ত স্টীলকেই টেম্পারিং করা চলে। স্টীলের মধ্যে অধিকাংশ কার্বনই সিমেণ্টাইট (Fe_3C) রূপে থাকে। লোহিততপ্ত স্টীলকে হঠাৎ ঠাণ্ডা করিলে, আয়রনের মধ্যে সিমেণ্টাইট অতিপৃক্ত অবস্থায় দ্রবীভূত থাকিয়া যায় এবং অত্যন্ত বেশি কাঠিন্যযুক্ত ও ভঙ্গুর বস্তু উৎপন্ন করে। টেম্পারিং প্রক্রিয়াকালে সিমেণ্টাইট কেলাসিত হইয়া বাহির হয় এবং কাঠিন্যযুক্ত সিমেণ্টাইট-কেলাস ও নরম আয়রনের এক মিশ্রণ সৃষ্ট হয়। এই মিশ্রণ কাঠিন্যপ্রাপ্ত স্টীল অপেক্ষা অনেক কম ভঙ্গুর এবং সামান্য কম কাঠিন্যযুক্ত।

---

* আয়রন অ্যানোডযুক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষণ কোষে উচ্চ প্রবাহ ঘনত্বে (Current density) তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে, অ্যানোডে আয়রনের দ্রবীভূত হওয়া প্রায় বন্ধ হইয়া অক্সিজেন নির্গত হয় এবং উহা অ্যানোডের আয়রনকে জারিত করে। ইহাকেই অ্যানোডীয় জারণ বলে।

7.14 রট আয়রন, স্টীল ও কাস্ট আয়রনের ধর্ম ও ব্যবহারের তুলনা

ধর্ম	কাস্ট আয়রন	স্টীল	রট আয়রন
(1) কার্বনের পরিমাণ	2·2 4·5%	0·15%-1·5%	0·12-0·25%
(2) গলনাঙ্ক	1200°C	1300-1400°C	1500°C
(3) কাঠিন্য	কাঠিন্যযুক্ত	কাঠিন্যযুক্ত ও নরম	নরম
(4) ভঙ্গুরতা/ঘাতসহতা	ভঙ্গুর	ভঙ্গুর ও ঘাতসহ	ঘাতসহ।
(5) গঠন	কেলাসাকার	কেলাসাকার	আঁশযুক্ত
(6) টেম্পারিং	টেম্পারিং করা যায় না	টেম্পারিং করা যায়	টেম্পারিং করা যায় না।
(7) ওয়েল্ডিং	ওয়েল্ডিং করা যায় না	ওয়েল্ডিং করা যায়	ওয়েল্ডিং করা যায়।
(8) চৌম্বক প্রকৃতি	উত্তম স্থায়ী বা অস্থায়ী চুম্বকে পরিণত হয় না	উত্তম স্থায়ী চুম্বকে পরিণত হয়	উত্তম অস্থায়ী চুম্বকে পরিণত হয়।
ব্যবহার	রট আয়রন ও স্টীল উৎপাদনে; ছাঁচে ঢালিয়া বিভিন্ন দ্রব্য যেমন, কড়াই, রড, পাইপ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, মূর্তি, স্তম্ভ, ইস্ত্রী, পাত্র ইত্যাদি নির্মাণে।	রেল লাইন, স্থায়ী চুম্বক, রেলগাড়ি, ট্রামগাড়ি ও অন্যান্য শকটের কাঠামো; জয়েস্ট, ক্রেন, সেতু ইত্যাদি; অস্ত্রোপচারের যন্ত্রাদি, ছুরি, কাঁচি, করাত ইত্যাদি বিভিন্ন যন্ত্রপাতি, স্প্রিং, ঘড়ি, বন্দুক, মেসিনগান, কামান, ট্যাঙ্ক ইত্যাদি সামরিক দ্রব্য এবং আরো অসংখ্য কাজে।	তড়িৎ চুম্বকের মজ্জা (Core), পিয়ানোর তার, তারজালি, নোঙর, পেরেক ইত্যাদি প্রস্তুতিতে এবং ওয়েল্ডিং-এর কাজে।

7.15 অ্যালয় স্টীল

অ্যালয় স্টীল বলিতে এমন এক আয়রনভিত্তিক সঙ্কর ধাতু বুঝায়, যাহার প্রদর্শিত উন্নততর ধর্মের কারণ, কার্বন ব্যতীত অন্য কোনও মৌলের উপস্থিতি। কার্বন উপস্থিত নাই এমন অ্যালয় স্টীলের ব্যবহার থাকিলেও গুরুত্বপূর্ণ অধিকাংশ অ্যালয় স্টীলেই সামান্য পরিমাণ কার্বন উপস্থিত থাকে।

আয়রনের মধ্যে কার্বন ব্যতীত এইরূপ তৃতীয় মৌলের উপস্থিতির ফলে নিম্নলিখিত সুবিধাগুলির মধ্যে এক বা একাধিক সুবিধা পাওয়া যায়।

(1) প্রসার্যশক্তি (tensile strength) বৃদ্ধি, (2) দৃঢ়তা বৃদ্ধি, (3) ক্ষয় (corrosion) প্রতিরোধ ক্ষমতা বৃদ্ধি, (4) ঘর্ষণক্ষয় হ্রাস, (5) উচ্চতর তাপমাত্রায় আকৃতি ও ভৌতধর্ম রক্ষার ক্ষমতা বৃদ্ধি, (6) কর্তনক্ষমতা বৃদ্ধি ইত্যাদি।

নিম্নে কতগুলি গুরুত্বপূর্ণ অ্যালয় স্টীলের আনুমানিক সংযুতি, বিশেষ ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ করা হইল।

7.16 আয়রনের কয়েকটি সঙ্কর ধাতু (অ্যালয় স্টীল)

নাম	সংযুতি	ধর্ম	ব্যবহার
স্টেনলেস স্টীল 18 : 8	Cr. 18%. Ni 8% 0·06-0·15%C	ক্ষয় প্রতিরোধক, মরিচা পড়ে না	মরিচারোধী বাসনপত্র, ভাল্‌ভ টারবাইনের অংশ
টাংস্টেন স্টীল	W. 7-20%. V. 1% Cr 2-6%	উচ্চ তাপমাত্রাতেও টেম্পার নষ্ট হয় না	দ্রুত কাটিবার যন্ত্রাংশ
ম্যাঙ্গানিজ স্টীল	12-13% Mn 1 1·3%C	অত্যন্ত দৃঢ় এবং ঘর্ষণক্ষয়রোধক	চূর্ণনযন্ত্র, সিন্দুক
নিকেল স্টীল	2·4% Ni 0·1-0·15%C	ক্ষয়রোধী, অত্যন্ত কাঠিন্যযুক্ত এবং স্থিতিস্থাপক	শ্যাফ্‌ট, কেব্‌ল, গিয়ার
ইনভার	36% Ni 0·4% C	অল্প তাপপ্রসারণাঙ্ক	পেণ্ডুলাম দণ্ড, দৈর্ঘ্য পরিমাপক
প্লাটিনাইট	46% Ni 0·15% C	কাচের সমান তাপ-প্রসারণাঙ্ক	কাচ-ধাতুর সংযোগ, বৈদ্যুতিক বাল্‌ব
ক্রোম-নিকেল-স্টীল	0·5-2% Cr, 1-4% Ni 0·3-0·4% C	উচ্চ মানের প্রসার্য-দৃঢ়তা, উচ্চ মানের কাঠিন্য ও স্থিতি-স্থাপকতা	বর্ম নির্মাণের পাত, মোটরগাড়ির অংশ
ক্রোম-ভ্যানাডিয়াম-স্টীল	1-10% Cr, 0·14-0·55% V	উচ্চমানের প্রসার্য-দৃঢ়তা, মোচড় ও অন্যান্য পীড়ন প্রতি-রোধক	মোটরগাড়ি ও শকটের অ্যাক্সল এবং স্প্রিং
মলিবডেনাম স্টীল	6-7% M₀	উচ্চ তাপমাত্রাতেও টেম্পার নষ্ট হয় না	দ্রুত কাটিবার যন্ত্রাংশ
ডুরাইরন, আয়রন্যাক বা ট্যান্‌টাইরন	13-18% Si	অ্যাসিড আক্রমণের প্রতিরোধক	অ্যাসিড পাম্প, অ্যাসিড পরিবহণের পাইপ

আয়রনের কয়েকটি যৌগ

আয়রন সন্ধিগত মৌল বলিয়া ইহা রঙ্গীন যৌগ গঠন করিতে পারে, জটিল লবণ গঠনের প্রবণতা দেখায় এবং পরিবর্তনশীল যোজ্যতা প্রদর্শন করে। আয়রনের যোজ্যতা ফেরাস যৌগে দুই এবং ফেরিক যৌগে তিন।

আয়রনের অক্সাইড

(A) ফেরাস অক্সাইড, FeO

7.17 প্রস্তুতি

(a) ফেরিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন স্রোত 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অথবা সমায়তন কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রণের স্রোতে 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পাইরোফোরিক (বায়ুসংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে দাহ্য) ফেরাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়;

$$Fe_2O_3+H_2=2FeO+H_2O\ ;\ Fe_2O_3+CO\rightleftharpoons 2FeO+CO_2$$

(b) ফেরাস অক্সালেটকে বায়ুর অনুপস্থিতিতে 150°-170°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অথবা ফেরাস অক্সালেটকে পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলেও ফেরাস অক্সাইড পাওয়া যায়;

$$FeC_2O_4=FeO+CO+CO_2\ ;$$
$$FeC_2O_4+3KOH=FeO+HCOOK+K_2CO_3+H_2O$$

(c) সঠিক অনুপাতে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড Fe_3O_4 ও আয়রন চূর্ণের মিশ্রণ গলিত করিয়াও ফেরাস অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়; $Fe_3O_4+Fe=4FeO$।

7.18 ধর্ম

ফেরাস অক্সাইড সাধারণত চূর্ণাকারে উৎপন্ন হয়। চূর্ণগুলি ঘনকাকার কেলাসে গঠিত। ইহার গলনাঙ্ক 1355°C। ইহা 700°-800°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া আয়রন উৎপন্ন করে এবং পাইরোফোরিক অবস্থায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুসংস্পর্শে প্রজ্বলিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়;

$$FeO+H_2=Fe+H_2O\ ;\ 4FeO+O_2=2Fe_2O_3$$

ইহা কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে ক্লোরিনের দ্রবণ দ্বারা জারিত হয়;

$$6FeO+3Cl_2=2Fe_2O_3+2FeCl_3$$

ফেরাস অক্সাইড ক্ষারকীয় অক্সাইড। ইহা লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরাস লবণ ও জল উৎপন্ন করে; $FeO+H\ SO_4=FeSO_4+H_2O$

7.19 ব্যবহার

ইহার বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার নাই। সবুজ বর্ণ কাচ প্রস্তুতিতে ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

(B) ফেরিক অক্সাইড, Fe_2O_3 : ফেরিক অক্সাইডকে প্রকৃতিতে হিমাটাইট Fe_2O_3 এবং লিমোনাইট $2Fe_2O_3, 3H_2O$ আকরিক রূপে দেখিতে পাওয়া যায়।

7.20 প্রস্তুতি

(a) ফেরাস সালফেট, ফেরিক সালফেট, ফেরাস নাইট্রেট, ফেরিক নাইট্রেট ইত্যাদি লবণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় ;

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 \text{ (রুক্ষ)} + SO_2 + SO_3$$
$$4Fe(NO_3)_3 = 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$$

(b) ফেরিক লবণের দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে বাদামী বর্ণ ফেরিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। এই অধঃক্ষেপকে ফিলটার, ধৌত ও শুষ্ক করার পর উত্তপ্ত করিলে ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায় ;

$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 + 6NaCl + 3CO_2$$
$$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$$

(c) আয়রন বা ফেরাস অক্সাইডকে বায়ুতে দহন করিলেও ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3$; $4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$

(d) আয়রন পাইরাইটিসকে তাপজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি কালে ফেরিক অক্সাইডকে উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়।

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

7.21 ধর্ম

(1) ফেরিক অক্সাইডকে দুইটি বিভিন্ন কেলাসাকারে পাওয়া যায়। সাধারণ ফেরিক অক্সাইড বা α-F_2O_3 পরাচুম্বকীয় (Paramagnetic), কেলাস গঠন রম্বোহেড্রাল, আপেক্ষিক গুরুত্ব 5·1। ইহা চূর্ণাবস্থায় সাধারণত গাঢ় লালবর্ণ, তবে হলুদ, বাদামী বা বেগুনী বর্ণেরও হইতে পারে। পূর্বোক্ত বিক্রিয়াগুলির ফলে α-Fe_2O_3 উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড বায়ুতে উত্তপ্ত করিয়া অথবা ফেরাস হাইড্রক্সাইডকে ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া যে-ঘনকাকার কেলাস গঠনের ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়, তাহা γ-Fe_2O_3। ইহা অয়শ্চুম্বকীয় (Ferromagnetic)। আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·69। γ-Fe_2O_3 দুস্থিত, উত্তপ্ত করিলে α-Fe_2O_3 রূপে পরিবর্তিত হয়।

(2) ফেরিক অক্সাইড দুর্বল ক্ষারকীয় অক্সাইড, জলে অদ্রাব্য, কিন্তু বিভিন্ন খনিজ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে। তবে সাধারণ ফেরিক অক্সাইডকে 650°C-এর উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিয়া দগ্ধ (ignited) ফেরিক অক্সাইডে পরিণত করিলে, তখন তাহা সহজে অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না ;

$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$$
$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

(3) ফেরিক অক্সাইডের মধ্যে উভধর্মী অক্সাইডের ধর্মও দেখিতে পাওয়া যায়। উভধর্মী অক্সাইড হিসাবে ফেরিক অক্সাইড গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম ফেরাইটে পরিণত হয় ;

$$Fe_2O_3 + 2NaOH = 2NaFeO_2 + H_2O$$
$$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaFeO_2 + CO_2$$

উৎপন্ন ফেরাইট উষ্ণ জল দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় কিন্তু গাঢ় ক্ষারীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষণ ব্যতীতই দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণ উৎপন্ন করে ;

$$2NaFeO_2 + H_2O = Fe_2O_3 + 2NaOH$$

(4) লোহিত তপ্ত অবস্থায় ইহা কার্বন বা কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া আয়রনে পরিণত হয় ;

$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$; $Fe_2O_3 + 3CO \rightleftharpoons 2Fe + 3CO_2$

(5) বায়ুশূন্য স্থানে 1000°C তাপমাত্রার উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে ফেরিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$6Fe_2O_3 = 4Fe_3O_4 + O_2$

7.22 ব্যবহার

(1) ফেরাস সালফেটকে উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করিয়া প্রস্তুত ফেরিক অক্সাইড রুজ নামে প্রসাধন কার্যে ও পালিস করার জন্য ব্যবহৃত হয়। (2) ফেরিক অক্সাইডকে লাল পিগমেণ্ট হিসাবে পেণ্ট, রবার ও প্লাস্টিক দ্রব্য উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। (3) অনুঘটক হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

(C) ফেরোসোফেরিক অক্সাইড, Fe_3O_4 ঃ ইহাকে ম্যাগনেটাইট আকরিক হিসাবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

7.23 প্রস্তুতি

(a) আয়রনকে অত্যুষ্ণ বায়ুতে প্রজ্বলিত করিলে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$

(b) লোহিত তপ্ত আয়রনের উপর দিয়া স্টীম চালিত করিলেও ইহা উৎপন্ন হয় ; $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$

বিশুদ্ধ ফেরোসোফেরিক অক্সাইড প্রস্তুতির জন্য জলীয় বাষ্প মিশ্রিত হাইড্রোজেনকে 400°C-এ উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া চালিত করা হয়।

(c) ফেরিক অক্সাইডকে বায়ুশূন্য স্থানে 1000°C তাপমাত্রার উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলেও উহা ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$$6Fe_2O_3 = 4Fe_3O_4 + O_2$$

7.24 ধর্ম

(1) ফেরোসোফেরিক অক্সাইড কালো, ঘনকাকার কেলাসে গঠিত অয়শ্চুম্বকীয় পদার্থ ; তড়িতের সুপরিবাহী, আ. গু. 5·2।

(2) ফেরোসোফেরিক অক্সাইড প্রকৃতপক্ষে ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইডের সমবায়ে গঠিত লবণ। সেইজন্য ইহাকে মিশ্র অক্সাইড বলা হয়। অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ইহা হইতে ফেরাস ও ফেরিক দুই প্রকারের লবণ পাওয়া যায় ; $Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$

(3) আয়রনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় গলিত করিলে ইহা ফেরাস অক্সাইডে বিজারিত হয় ; $Fe_3O_4 + Fe = 4FeO$

(4) আয়রনের অন্যান্য অক্সাইডের ন্যায় ইহাকেও কার্বন বা কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় বিজারিত করিয়া আয়রনে পরিণত করা যায় ;

$$Fe_3O_4 + 4C = 3Fe + 4CO \; ; \; Fe_3O_4 + 4CO = 3Fe + 4CO_2$$

7.25 ব্যবহার

(1) অ্যাসিড ও ক্লোরিনের আক্রমণ প্রতিরোধ করিতে পারে এবং সঙ্গে সঙ্গে তড়িতের সুপরিবাহী বলিয়া ইহাকে তড়িদ্‌দ্বার প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। (2) আর্ক আলোক উৎপাদনে এবং ইস্পাতশিল্পেও ইহার ব্যবহার আছে।

ফেরাস হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_2$

7.26 প্রস্তুতি

বায়ুর অনুপস্থিতিতে বিশুদ্ধ ফেরাস লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিলে ফেরাস হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ; $FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$ । ইহাকে বায়ুর অবর্তমানে ছাঁকিয়া লইয়া জল ও অ্যালকোহল দ্বারা ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়।

তবে দ্রবণে বায়ু দ্রবীভূত থাকিলে সবুজ বর্ণ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, যাহা অতিদ্রুত বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া বাদামী বর্ণ ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

7.27 ধর্ম

(1) ইহা সুস্থিত যৌগ নয়। ধীরে ধীরে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে জারিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং বায়ুসংস্পর্শে বাদামী বর্ণ ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় ; $3Fe(OH)_2 = Fe_3O_4 + 2H_2O + H_2$

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$$

(2) ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ফেরাস লবণ গঠন করে ;

$$Fe(OH)_2 + H_2SO_4 = FeSO_4 + 2H_2O$$

$$Fe(OH)_2 + 2HCl = FeCl_2 + 2H_2O$$

(3) ইহা শক্তিশালী বিজারক। ক্ষারীয় দ্রবণে ইহা নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রাইট বা নাইট্রেটকে অ্যামোনিয়ায় এমনকি পারক্লোরেটকে ক্লোরাইডে বিজারিত করে ;

$$\overset{+2}{N}O + 5\overset{+2}{Fe}(OH)_2 + 4H_2O = \overset{-3}{N}H_3 + 5\overset{+3}{Fe}(OH)_3$$

$$Na\overset{+5}{N}O_3 + 8\overset{+2}{Fe}(OH)_2 + 6H_2O = \overset{-3}{N}H_3 + 8\overset{+3}{Fe}(OH)_3 + NaOH$$

$$Na\overset{+7}{Cl}O_4 + 8\overset{+2}{Fe}(OH)_2 + 4H_2O = Na\overset{-1}{Cl} + 8\overset{+3}{Fe}(OH)_3$$

পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ফেরাস হাইড্রক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

ফেরিক হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_3$

7.28 প্রস্তুতি

ফেরিক লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের থকথকে বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ;

$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 6NaCl + 3CO_2$$
$$Fe_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3Na_2SO_4$$

7.29 ধর্ম

(1) ইহা বাদামী বর্ণের থকথকে অনিয়তাকার পদার্থ। (2) অধঃক্ষেপ সমেত দ্রবণকে বহুক্ষণ ফুটাইলে, ফেরিক হাইড্রক্সাইড আংশিকভাবে জল অণু ত্যাগ করিয়া সোদক ফেরিক অক্সাইড Fe_2O_3, H_2O বা $FeO(OH)$-এ পরিণত হয় ; $2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3, H_2O + 2H_2O$; Fe_2O_3, H_2O (ইহাকে গোয়েথাইট নামক খনিজ হিসাবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়)-কে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা অনার্দ্র ফেরিক-অক্সাইডে পরিণত হয়। $Fe_2O_3, H_2O \overset{300°C}{=} Fe_2O_3 + H_2O$

(3) ইহা মৃদু ক্ষারক ; বিভিন্ন খনিজ অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ ও জল গঠন করে ; $Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$;

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$

(4) ইহা অনেক সময় সামান্য অ্যাসিড ধর্মও প্রদর্শন করিতে পারে। যেমন অত্যন্ত গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণে ফুটাইলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া সোডিয়াম ফেরাইটে পরিণত হয় ; $Fe(OH)_3 + NaOH = NaFeO_2 + 2H_2O$

7.30 ব্যবহার

(1) সুতা বা বস্ত্রকে খাকি রঙ করিবার জন্য ফেরিক হাইড্রক্সাইডকে তন্তুর মধ্যে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

(2) কোল গ্যাস হইতে হাইড্রোজেন সালফাইড দূরীভূত করিবার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

ফেরাস ক্লোরাইড, $FeCl_2$

7.31 প্রস্তুতি

(1) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের স্রোতে আয়রনকে উত্তপ্ত করিলে অথবা হাইড্রোজেনের স্রোতে ফেরিক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে ফেরাস ক্লোরাইডকে অনার্দ্র অবস্থায় পাওয়া যায় ;

$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H$; $2FeCl_3 + H_2 = 2FeCl_2 + 2HCl$

(2) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে আয়রন, ফেরাস সালফাইড, ফেরাস

কার্বনেট ইত্যাদি দ্রবীভূত করিয়া, উৎপন্ন ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণকে বাষ্পায়িত ও গাঢ় করিলে $FeCl_2, 4H_2O$-এর সবুজ বর্ণ কেলাস উৎপন্ন হয় ;

$$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S\ ;\ FeCO_3 + 2HCl = FeCl_2 + CO_2 + H_2O$$

1, 2 এবং 6 অণু জলযুক্ত ফেরাস ক্লোরাইডের সোদক কেলাসও আছে। সোদক ফেরাস ক্লোরাইড কেলাসকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের স্রোতে উত্তপ্ত করিলে অথবা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় উত্তপ্ত করিলে, উহা অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

7.32 ধর্ম

(1) অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড বর্ণহীন, উদগ্রাহী কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। সোদক ফেরাস ক্লোরাইড সবুজ বর্ণ কেলাসে গঠিত। উভয় প্রকার লবণই জলে দ্রাব্য। অনার্দ্র লবণের গলনাঙ্ক 670°C।

(2) ইহা সহজেই ক্লোরিন দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয় ;

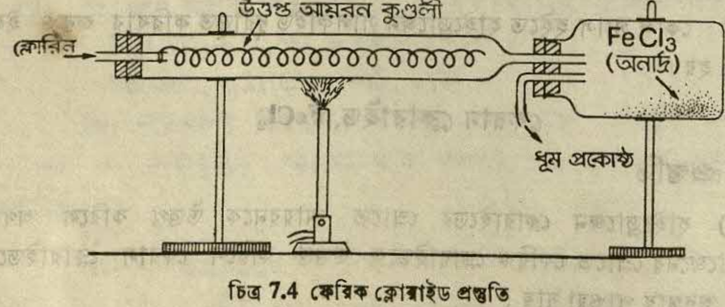
$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

(3) বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহা জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইড ও ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় ; $12FeCl_2 + 3O_2 = 8FeCl_3 + 2Fe_2O_3$

ফেরিক ক্লোরাইড, $FeCl_3$

7.33 প্রস্তুতি

(1) অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড প্রস্তুতির জন্য লোহিত তপ্ত আয়রনের উপর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয় ; $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$ একটি দীর্ঘ দৃঢ় কাচনলের মধ্যে আয়রন তারকুণ্ডলী উত্তপ্ত করিয়া উহার মধ্যে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে, দৃঢ় কাচনলের অপর প্রান্তে সংযুক্ত নির্গম নলযুক্ত বোতলের মধ্যে চিত্রানুযায়ী অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইডের কালো কেলাস সঞ্চিত হয়।



চিত্র 7.4 ফেরিক ক্লোরাইড প্রস্তুতি

900°-1000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলেও অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ;

$$2Fe_2O_3 + 6Cl_2 = 4FeCl_3 + 3O_2$$

(2) ফেরিক হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইডকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে, ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন চালনা করিলে অথবা আয়রন তারকে 'অ্যাকোয়া রিজিয়ায়' দ্রবীভূত করিলে ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ উৎপন্ন হয়;

$$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O \; ; \; 2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

উৎপন্ন ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিয়া গাঢ় করিলে সোদক ফেরিক ক্লোরাইড $FeCl_3$, $6H_2O$-এর হলুদ বর্ণ কেলাস পাওয়া যায়।

7.34 ধর্ম

(1) অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড কালো রঙের উদগ্রাহী কেলাসাকার পদার্থ। ইহা 280°C তাপমাত্রায় ঊর্ধ্বপাতিত হয়। 444°C তাপমাত্রায় নির্ণীত বাষ্পীয় ঘনত্ব অনুযায়ী ইহার সঙ্কেত Fe_2Cl_6। ঊর্ধ্বতর তাপমাত্রায় ইহা পুনরায় $FeCl_3$ রূপে পরিণত হইতে থাকে এবং 750°C তাপমাত্রায় সম্পূর্ণরূপে সরলতর অণুতে পরিণত হয়; $2FeCl_3 \rightleftharpoons Fe_2Cl_6$। আরো উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড ও ক্লোরিনে পরিণত হয়; $2FeC_3 \rightleftharpoons 2FeCl_2 + Cl_2$

ইহা জল, অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রাব্য।

সোদক ফেরিক ক্লোরাইড $FeCl_3$, $6H_2O$ জলে দ্রাব্য সবুজ কেলাসাকার পদার্থ।

(2) ফেরিক ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় বলিয়া ইহার জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী; $FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$

(3) সোদক ফেরিক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা অনার্দ্র লবণে পরিণত না হইয়া ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করে;

$$2(FeCl_3, 6H_2O) = Fe_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

(4) ফেরিক ক্লোরাইডের জারণ ধর্ম আছে। ইহা আয়োডাইড লবণকে আয়োডিনে জারিত করে এবং জায়মান হাইড্রোজেন বা স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা বিয়োজিত হয়; $2FeCl_3 + 2KI = 2FeCl_2 + I_2 + 2KCl$

$$FeCl_3 + [H] - FeCl_2 + HCl$$

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$

ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালিত হইলে উহা বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়;

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

(5) ইহা জটিল লবণ গঠন করিতে পারে;

$$NH_4Cl + FeCl_3 = NH_4[FeCl_4]$$

$$2KCl + FeCl_3 + H_2O = K_2[FeCl_5, H_2O]$$

7.35 ব্যবহার

ফেরিক ক্লোরাইড (1) রক্তপাত বন্ধ করিতে ঔষধ হিসাবে; (2) ল্যাবরেটরিতে

বিকারক হিসাবে; (3) জৈব রঞ্জক পদার্থ প্রস্তুতিতে জারক হিসাবে; (4) রঞ্জনশিল্পে রঙ-সংস্থাপক হিসাবে এবং (5) অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ফেরাস নাইট্রেট, $Fe(NO_3)_2, 6H_2O$

7.36 প্রস্তুতি

ফেরাস সালফেট দ্রবণে বেরিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ অথবা লেড নাইট্রেট দ্রবণ ও অ্যালকোহল যোগ করিয়া ফিলটার করিলে পরিস্রুত হিসাবে ফেরাস নাইট্রেট দ্রবণ পাওয়া যায়; $FeSO_4 + Ba(NO_3)_2 = Fe(NO_3)_2 + BaSO_4 \downarrow$

$$FeSO_4 + Pb(NO_3)_2 = Fe(NO_3)_2 + PbSO_4 \downarrow$$

উৎপন্ন দ্রবণকে বায়ুর অনুপস্থিতিতে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করিলে সোদক ফেরাস নাইট্রেট $FeSO_4, 6H_2O$-এর সবুজ কেলাস পাওয়া যায়।

7.37 ধর্ম

ইহা সবুজ বর্ণ কেলাসাকার পদার্থ। ইহা জলে অতিশয় দ্রাব্য কিন্তু জলীয় দ্রবণ খুব সহজেই জারিত হইয়া ফেরিক যৌগে পরিণত হয়;

$$12Fe(NO_3)_2 + 6H_2O + 3O_2 = 8Fe(NO_3)_3 + 4Fe(OH)_3$$

ফেরিক নাইট্রেট, $Fe(NO_3)_3$

7.38 প্রস্তুতি

ফেরিক অক্সাইড, ফেরিক হাইড্রক্সাইড বা আয়রনকে নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ফেরিক নাইট্রেট দ্রবণ উৎপন্ন হয়;

$$Fe(OH)_3 + 3HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$$
$$Fe + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + NO$$

উৎপন্ন দ্রবণকে গাঢ় করিয়া কেলাসিত করিলে বর্ণহীন (সাধারণত অশুদ্ধির জন্য হাল্‌কা বেগুনী বর্ণ) সোদক কেলাস—$Fe(NO_3)_3, 9H_2O$ সংযুতির মনোক্লিনিক কেলাসরূপে অথবা $Fe(NO)_3, 6H_2O$ সংযুতির ঘনকাকার কেলাসরূপে পৃথক হয়।

7.39 ধর্ম

(1) ফেরিক নাইট্রেট বর্ণহীন, উদগ্রাহী কেলাসাকার পদার্থ। ইহা জলে অতিশয় দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ বাদামী বর্ণ কিন্তু ইহাতে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে বর্ণহীন হইয়া উঠে।

(2) উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়;

$$4Fe(NO_3)_3 = 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$$

7.40 ব্যবহার

রঞ্জনশিল্পে রঙ-সংস্থাপক হিসাবে ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

ফেরাস সালফেট, $FeSO_4$ /গ্রীন ভিট্রিয়ল, $FeSO_4$, $7HO_2$ (হিরাকষ)

7.41 প্রস্তুতি

(1) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে আয়রন চূর্ণ দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে কেলাসিত করিলে অল্প সবুজ বর্ণ গ্রীন ভিট্রিয়লের কেলাস $FeSO_4, 7H_2O$ পাওয়া যায় ; $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$

(2) কিপ্‌স যন্ত্রে ফেরাস সালফাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করিবার সময়ে, উপজাত পদার্থ হিসাবে ফেরাস সালফেট দ্রবণ পাওয়া যায় ; $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$

দ্রবণকে যথারীতি কেলাসিত করিলে গ্রীন ভিট্রিয়লের কেলাস উৎপন্ন হয়।

(3) মার্কাসাইট (Marcasite) বা আয়রন পাইরাইটিস্ (FeS_2) আকরিককে স্তূপীকৃত অবস্থায় বহুদিন আর্দ্র বায়ুতে রাখিয়া জলের সাহায্যে দ্রাবিত করিলে, উৎপন্ন দ্রবণে ফেরাস সালফেট (কিছু ফেরিক সালফেটসহ) ও সালফিউরিক অ্যাসিড চলিয়া আসে ; $2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$

অতঃপর দ্রবণে আয়রন খণ্ড নিক্ষেপ করিয়া ফেরিক আয়নকে বিজারিত ও সালফিউরিক অ্যাসিডকে প্রশমিত করিবার পর কেলাসন করিলে গ্রীন ভিট্রিয়লের সোদক কেলাস পাওয়া যায় ;

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2 \; ; \; Fe_2(SO_4)_3 + Fe = 3FeSO_4$$

7.42 ধর্ম

(1) গ্রীন ভিট্রিয়ল $FeSO_4, 7H_2O$ উদত্যাগী ঈষৎ সবুজ বর্ণ কেলাসাকার পদার্থ যাহা 'এপসাম লবণ $MgSO_4, 7H_2O$'-এর সমাকৃতি। ফেরাস সালফেটের সম্পৃক্ত দ্রবণে তুঁতে বা ব্লু ভিট্রিয়ল ($CuSO_4$, $5H_2O$) যোগ করিলে $FeSO_4$, $5H_2O$ সংযুতির কেলাস উৎপন্ন হয়, যাহা ব্লু ভিট্রিয়লের সমাকৃতি। এতদ্ব্যতীত 1, 2, 3, 4 ও 6 অণু কেলাসজল সমন্বিত ফেরাস সালফেটেরও অস্তিত্ব আছে।

(2) ফেরাস সালফেট জলে দ্রবীভূত হইয়া প্রায় বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে যাহা দ্রুত বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া বাদামী বর্ণে পরিণত হয় ;

$$12FeSO_4 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe_2(SO_4)_3 + 4Fe(OH_3)$$

(3) ইহার জলীয় দ্রবণ আর্দ্র বিশ্লেষণের জন্য সামান্য অ্যাসিড ধর্ম প্রদর্শন করে ;

$$FeSO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_2 + H_2SO_4$$

জলীয় দ্রবণ নাইট্রিক অক্সাইড শোষণ করিয়া ঘন বাদামী বর্ণ নাইট্রোসো যৌগ গঠন করে এবং এই ধর্মের সাহায্যে নাইট্রেট বা নাইট্রাইট মূলক সনাক্ত করা হয় ;

$$FeSO_4 + NO + 5H_2O = [Fe(H_2O)_5 \, NO] \, SO_4$$

(4) গ্রীন ভিট্রিয়লকে বায়ুশূন্য স্থানে 140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা ছয় অণু জল ত্যাগ করিয়া $FeSO_4$. H_2O-তে পরিণত হয়, যাহাকে হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সাদা অনার্দ্র ফেরাস সালফেট পাওয়া

যায়। লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় অনার্দ্র ফেরাস সালফেট বিয়োজিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডের গাঢ় লাল চূর্ণে পরিণত হয়, যাহা রুজ (Rouge) নামে পরিচিত ;

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_3 + SO_2$$

$$FeSO_4, 7H_2O \xrightarrow{140°} FeSO_4, H_2O \xrightarrow{300°} FeSO_4 \xrightarrow{800°} Fe_2O_3$$

(5) ফেরাস সালফেট অ্যামোনিয়াম সালফেট বা পটাসিয়াম সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া ছয় অণু কেলাস জল সমন্বিত দ্বিলবণ গঠন করে ; যথা,

$(NH_4)_2 SO_4, FeSO_4, 6H_2O$ (Mohr's salt), $K_2SO_4, FeSO_4, 6H_2O$

আণবিক গুরুত্বের অনুপাতে মিশ্রিত লবণ দুইটির জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে 'মোর' লবণের কেলাস পাওয়া যায়।

(6) ফেরাস সালফেট উত্তম বিজারক। ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রিক অক্সাইডে, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে ম্যাঙ্গানাস লবণে এবং পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটকে ক্রোমিক লবণে বিজারিত করে ;

$$2H\overset{+5}{N}O_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2\overset{+2}{N}O + 4H_2O$$

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 10\overset{+2}{Fe}SO_4 + 8H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 5\overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3 + 8H_2O$$

$$K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 + 6\overset{+2}{Fe}SO_4 + 7H_2SO_4 = K_2SO_4 + \overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + 3\overset{+3}{Fe_2}(SO_4) + 7H_2O$$

7.43 ব্যবহার

গ্রীন ভিট্রিয়ল বা হিরাকষকে (1) লিখিবার কালি, রুজ, 'মোর' লবণ ও টনিক প্রস্তুতিতে ; (2) রঞ্জনশিল্পে রঙ-সংস্থাপক ও ল্যাবরেটরিতে বিজারক হিসাবে ; (3) কাষ্ঠ-সংরক্ষণে ও কৃষিক্ষেত্রে আগাছা নির্মূল করিতে ব্যবহার করা হয়।

ফেরিক সালফেট, $Fe_2(SO_4)_3$

7.44 প্রস্তুতি

(1) উষ্ণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ফেরাস সালফেটকে জারিত করিলে অনার্দ্র ফেরিক সালফেটের হরিদ্রাভ সাদা চূর্ণ পাওয়া যায় ;

$$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + 2H_2O$$

(2) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ফেরাস সালফেট দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহ ফুটাইলে ফেরাস সালফেট ফেরিক সালফেটে জারিত হয়। উৎপন্ন ফেরিক সালফেট দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করিলে $Fe_2(SO_4)_3$, $9H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

7.45 ধর্ম

(1) অনার্দ্র ফেরিক সালফেট হরিদ্রাভ সাদা, সাধারণ সোদক ফেরিক সালফেট $Fe_2(SO_4)_3, 9H_2O$ বেগুনী। জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিডধর্মী ও বাদামী বর্ণ, কিন্তু উহাতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে বর্ণ হালকা হইয়া যায় ; $Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4$

(2) ফেরিক সালফেটকে 500°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে উহা উভমুখী বিক্রিয়ায় বিয়োজিত হইয়া ফেরিক অক্সাইড ও সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ; $Fe_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons Fe_2O_3 + 3SO_3$

(3) ফেরিক সালফেট দ্রবণে কপার দ্রবীভূত হইয়া কপার সালফেটে পরিণত হয় ; $Fe_2(SO_4)_3 + Cu = 2FeSO_4 + CuSO_4$

(4) ফেরিক সালফেট অ্যামোনিয়াম বা পটাসিয়াম সালফেটের সমবায়ে 24 অণু কেলাস জলযুক্ত দ্বিলবণ (ফেরিক অ্যালাম) গঠন করে ; যেমন $K_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$ (পটাসিয়াম ফেরিক অ্যালাম) $(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$ (অ্যামোনিয়াম ফেরিক অ্যালাম) সাধারণ অ্যালামের মত ফেরিক অ্যালামকেও জল পরিষ্কার করার জন্য ব্যবহার করা যায়।

7.46 ব্যবহার

ফেরিক সালফেটকে ফেরিক অ্যালাম ও ঔষধ প্রস্তুত করিতে এবং রঞ্জনশিল্পে রঙ-সংস্থাপক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

ফেরাস কার্বনেট, $FeCO_3$

7.47 উৎস

ফেরাস কার্বনেটকে প্রকৃতিতে 'স্প্যাথিক আয়রন ওর' আকরিক হিসাবে দেখিতে পাওয়া যায়।

7.48 প্রস্তুতি

বায়ুর অনুপস্থিতিতে ফেরাস লবণের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ফেরাস কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ;

$$FeSO_4 + Na_2CO_3 = FeCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

7.49 ধর্ম

(1) ফেরাস কার্বনেট জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডযুক্ত জলে দ্রবীভূত হইয়া ফেরাস বাইকার্বনেটে পরিণত হয় ; $FeCO_3 + H_2O + CO_2 = Fe(HCO_3)_2$ উৎপন্ন দ্রবণ বায়ুর সংস্পর্শে দ্রুত জারিত হইয়া ফেরিক হাইড্রক্সাইডের বাদামী অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে, $4Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$ অধঃক্ষিপ্ত ফেরাস কার্বনেট অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দ্রবণেও দ্রবীভূত হয়।

(2) ফেরাস কার্বনেট অধঃক্ষেপকে আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে রাখিলে উহা জারিত হইয়া প্রথমে সবুজ বর্ণ এবং পরিশেষে বাদামী বর্ণ ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়;

$$4FeCO_3 + O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

(3) ইহা পটাসিয়াম কার্বনেটের সমবায়ে জটিল লবণ উৎপন্ন করে ;

$$K_2CO_3 + FeCO_3 + 4H_2O = K_2[Fe(CO_3)_2], 4H_2O$$

বি. দ্র. ফেরিক অক্সাইড অত্যন্ত দুর্বল ক্ষারক বলিয়া ফেরিক কার্বনেট প্রস্তুত করা যায় না। ফেরিক লবণের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ফেরিক কার্বনেটের পরিবর্তে ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় ;

$$2FeCl_3 + 3NaCO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 + 6NaCl + 3CO_2$$

7.50 আয়রন লবণের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

শুষ্ক পরীক্ষা : (1) আয়রন লবণকে সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশ্রিত করিয়া চারকোলের উপরে বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে ধূসরবর্ণ চূর্ণ উৎপন্ন হয়। ইহাদের চুম্বক আকর্ষণ করে।

(2) আয়রন লবণকে বোরাক্স বিডে বা গুটিতে লইয়া বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে বিড গাঢ় সবুজ বর্ণ এবং জারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে হলুদ বর্ণ ধারণ করে।

সিক্ত পরীক্ষা : (1) আয়রন লবণকে অল্প নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া ফুটাইবার পর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। (2) উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করিলে ঘন নীলবর্ণ অধঃক্ষেপ (প্রুসিয়ান ব্লু) পাওয়া যায়।

7.51 ফেরিক ও ফেরাস লবণের স্বাতন্ত্র্যসূচক পরীক্ষা

বিকারক	ফেরাস লবণ	ফেরিক লবণ
(1) NH_4OH বা NaOH দ্রবণ	$Fe(OH)_2$-এর সবুজ অধঃক্ষেপ	$Fe(OH)_3$-এর বাদামী অধঃ-ক্ষেপ।
(2) পটাসিয়াম ফেরিসায়া-নাইড $K_3Fe(CN)_6$ দ্রবণ	ঘন নীল অধঃক্ষেপ (টার্নবুল ব্লু)	অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় না, দ্রবণ বাদামী বর্ণ ধারণ করে।
(3) পটাসিয়াম ফেরোসায়া-নাইড $K_4Fe(CN)_6$ দ্রবণ	সাদা অধঃক্ষেপ, যাহা দ্রুত নীলবর্ণ ধারণ করে	ঘন নীল অধঃক্ষেপ (প্রুসিয়ান ব্লু)
(4) অ্যামোনিয়াম থায়োসায়া-নেট NH_4CNS দ্রবণ	কোন পরিবর্তন হয় না	ঘন রক্তবর্ণ অধঃক্ষেপ

7.52 ফেরিক ও ফেরাস লবণের পারস্পরিক রূপান্তর

ফেরাস লবণ হইতে ফেরিক লবণ :

(1) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিয়া

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$

(2) ক্লোরিন বা ব্রোমিন দ্বারা জারিত করিয়া ; $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$

(3) অ্যাসিডযুক্ত হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া ;
$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$

(4) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত করিয়া ;
$2KMnO_4 + 10Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$

ফেরিক লবণ হইতে ফেরাস লবণ ঃ

(1) জিঙ্ক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে সৃষ্ট জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া ; $FeCl_3 + [H] \rightarrow FeCl_2 + HCl$

(2) হাইড্রোজেন সালফাইড দ্বারা বিজারিত করিয়া ;
$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$

(3) সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত করিয়া ;
$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$

(4) স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা মধ্যম গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বিজারিত করিয়া ; $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$

সার-সংক্ষেপ

আয়রন

আকরিক ঃ রেড হিমাটাইট Fe_2O_3 ; ব্রাউন হিমাটাইট $2Fe_2O_3, 3H_2O$; ম্যাগনেটাইট Fe_3O_4 ; স্পাথিক আয়রন $FeCO_3$

কাস্ট আয়রন উৎপাদন ঃ বিচূর্ণিত হিমাটাইট আকরিক ভস্মীকরণের পর কোক ও চুনাপাথর চূর্ণের সহিত মিশাইয়া মারুতচুল্লীতে নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহের মধ্যে প্রায় 1500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পিগ আয়রন পাওয়া যায় ;
$2C + O_2 = 2CO$; $Fe_2O_3 + 3CO \rightleftharpoons 2Fe + 3CO_2$; $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$; $CaCO_3 = CaO + CO_2$; $CaO + SiO_2 = CaSiO_3$ (ধাতুমল) পিগ আয়রনকে পুনরায় গলিত করিয়া শীতল করিলে কাস্ট আয়রন পাওয়া যায়। ইহাতে 2·2-4·5% কার্বন উপস্থিত থাকে।

রট আয়রন ঃ প্রায় বিশুদ্ধ আয়রন। সাধারণত কার্বনের পরিমাণ 0·2%-এর কম। পিগ আয়রনে উপস্থিত কার্বনকে হিমাটাইট আস্তরণযুক্ত চুল্লীতে গলিত করিয়া দূরীভূত করা হয়। $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$। ইহা তড়িৎ-চুম্বক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

স্টীল প্রস্তুতি : লৌহের বিভিন্ন বাণিজ্যিক রূপের মধ্যে স্টীল সর্বাপেক্ষা অধিক গুরুত্বপূর্ণ। ইহার মধ্যে কার্বনের পরিমাণ সাধারণত 0·2 – 2%।

স্টীল প্রস্তুত পদ্ধতি

- বেসিমার পদ্ধতি
  - অ্যাসিড পদ্ধতি
  - ক্ষারকীয় পদ্ধতি
- ওপেন হার্থ পদ্ধতি
  - অ্যাসিড পদ্ধতি
  - ক্ষারকীয় পদ্ধতি

বেসিমার পদ্ধতিতে বেসিমার কনভার্টারে গলিত রট আয়রনের মধ্যে বায়ু-চালনার দ্বারা প্রথমে উপস্থিত কার্বনকে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা হয় এবং তারপর কার্বন-সমৃদ্ধ সংকর ধাতু (স্পিগেল আইজেন) যোগ করিয়া শতকরা কার্বনের পরিমাণ প্রয়োজনীয় স্তরে লইয়া আসা হয় ; $2C+O_2=2CO$

বেসিমার কনভার্টারের ভিতরকার আস্তরণ হিসাবে অ্যাসিড পদ্ধতিতে সিলিকা প্রধান ইটের আস্তরণ এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে চুন বা ম্যাগনেসিয়া প্রধান ইটের আস্তরণ ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিড পদ্ধতিতে রট আয়রনে উপস্থিত ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি অশুদ্ধি এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ফসফরাসের মত অশুদ্ধি দূরীভূত হয়।

$$MnO+SiO_2=MnSiO_3$$ (ধাতুমল)

$$P_2O_5+4CaO=Ca_3(PO_4)_2, CaO$$ (ধাতুমল)

প্রায় আট মিনিট বায়ুচালনার পর আয়রনে উপস্থিত প্রায় সমগ্র কার্বন জারিত হইয়া যায় এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে প্রথমে ধাতুমল অপসারিত করিয়া তারপর স্পিগেল আইজেন রূপে প্রয়োজনীয় কার্বন যোগ করা হয় (অ্যাসিড পদ্ধতিতে ধাতুমল অপসারিত না করিয়াও স্পিগেল আইজেন যোগ করা যায়)। পরিশেষে লৌহ ও কার্বনের উত্তমরূপ মিশ্রণের জন্য কয়েক মুহূর্ত বায়ুচালনা করিয়া কনভার্টার হইতে স্টীল ঢালিয়া বাহির করা হয় (অ্যাসিড পদ্ধতিতে ধাতুমল আগে দূরীভূত করা না হইয়া থাকিলে, স্টীল বাহির করিবার পূর্বে উৎপন্ন ধাতুমল অপসারণ করা হয়)।

ওপেন হার্থ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে রট আয়রনে উপস্থিত কার্বনের প্রধান অংশ জারিত করিবার জন্য উচ্চশ্রেণীর হিমাটাইট আকরিক ব্যবহৃত হয়। $Fe_2O_3+3C=3CO+2Fe$। অবশিষ্ট কার্বন চুল্লীমধ্যে উপস্থিত বায়ুদ্বারা জারিত হয়। 8-10 ঘণ্টা পরে প্রায় সমগ্র কার্বন জারিত হইয়া যাইবার পর স্পিগেল আইজেন রূপে প্রয়োজনীয় কার্বন যোগ করা হয়। এক্ষেত্রেও ম্যাঙ্গানিজ অপসারিত করিবার জন্য অ্যাসিড আস্তরণ অথবা ফসফরাস অপসারণের জন্য ক্ষারকীয় আস্তরণ ব্যবহৃত হয় এবং শেষোক্ত ক্ষেত্রে ফসফরাস-প্রধান ধাতুমল অপসারিত করিবার পরে স্পিগেল আইজেন যোগ করিবার শর্ত পালন করা হয়।

ফসফরাসযুক্ত ধাতুমল অপসারিত না করিয়া কার্বন যোগ করিলে, উহা ধাতুমলে উপস্থিত P_2O_5-কে পুনরায় ফসফরাসে বিজারিত করে।

$$2P_2O_5 + 10C = P_4 + 10CO$$

আয়রনে মরিচা ধরা ঃ আর্দ্রবায়ুর সংস্পর্শে আয়রন সামগ্রীর উপর মুখ্যত সোদক ফেরিক অক্সাইডের একপ্রকার বাদামী আস্তরণ গঠিত হয় এবং আয়রন ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকে। ইহাই মরিচা নামে পরিচিত। মরিচা উৎপত্তির কারণ সম্পর্কে তিনটি বিভিন্ন তত্ত্ব প্রচলিত আছে যাহাদের মধ্যে আধুনিকতম তত্ত্ব অনুযায়ী আয়রন ও উহার মধ্যে উপস্থিত অশুদ্ধি কণিকা জলের সংস্পর্শে অতি ক্ষুদ্র ভোল্টীয় কোষ গঠন করে। $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$; $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e$;

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \text{ ; } Fe^{++} + 2(OH^-) \rightarrow Fe(OH)_2$$

উৎপন্ন $Fe(OH)_2$ ধীরে ধীরে বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেনের সাহায্যে জারিত হইয়া মরিচায় পরিণত হয়।

মরিচা নিবারণের পদ্ধতি ঃ গ্যালভ্যানাইজেশন, টিনিং, ক্যালোরাইজেশন, পেন্টিং, নিকেল বা ক্রোমিয়ামের তড়িৎ-লেপন, Fe_3O_4-এর আবরণ সৃষ্টি, সংকর-ধাতুতে পরিণত করা ইত্যাদি।

ফেরাস অক্সাইড, FeO

প্রস্তুতি ঃ $Fe_2O_3 + H_2 \overset{300°C}{=} 2FeO$ (পাইরোফোরিক) $+ H_2O$

$$FeC_2O_4 \overset{160°C}{=} FeO + CO + CO_2$$

$$Fe_3O_4 + Fe \overset{\Delta}{=} 4FeO$$

ধর্ম ঃ অতি ক্ষুদ্রাকার ঘনকাকৃতি কেলাসে গঠিত চূর্ণ।

$FeO + H_2 \overset{800°C}{=} Fe + H_2O$;

$4FeO$(পাইরোফোরিক) $+ O_2 = 2Fe_2O_3$ (স্বতঃস্ফূর্ত)

$FeO + 2HCl = FeCl_2 + H_2O$; $FeO + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2O$

ব্যবহার ঃ সবুজ বর্ণ কাচ প্রস্তুতিতে।

ফেরিক অক্সাইড, Fe_2O_3

উৎস ঃ হিমাটাইট Fe_2O_3 এবং লিমোনাইট $2Fe_2O_3, 3H_2O$

প্রস্তুতি ঃ $2FeSO_4 = SO_2 + SO_3 + Fe_2O_3$ (রুজ)

$4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3$; $4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$

ধর্ম ঃ রম্বোহেড্রাল α ও ঘনকাকার γ এই দুই রূপে দেখিতে পাওয়া যায়। জলে অদ্রাব্য দুর্বল ক্ষারকীয় অক্সাইড, ক্ষেত্রবিশেষে উভধর্মী অক্সাইড হিসাবেও ব্যবহার করে। $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$

$Fe_2O_3 + 2NaOH$ (গলিত) $= 2NaFeO_2 + H_2O$

$Fe_2O_3 + 3C \overset{\Delta}{=} 2Fe + 3CO$; $Fe_2O_3 + 3CO \rightleftharpoons 2Fe + 3CO_2$

$6Fe_2O_3 \xrightarrow{>1000°C} 4Fe_3O_4 + O_2$

ব্যবহার : প্রসাধন ও পালিসকার্যে ব্যবহৃত রুজ হিসাবে ; পেন্ট, রবার ও প্লাস্টিক শিল্পে পিগমেন্ট হিসাবে এবং অনুঘটক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

ফেরোসোফেরিক অক্সাইড, Fe_3O_4

উৎস : ম্যাগনেটাইট আকরিক Fe_3O_4

প্রস্তুতি : 3Fe (লোহিত তপ্ত) + $4H_2O$ (স্টীম) $= Fe_3O_4 + 4H_2$

$6Fe_2O_3 \xrightarrow{>1000°C} 4Fe_3O_4 + O_2$ (বায়ুশূন্য স্থানে)

ধর্ম : কালো ঘনকাকার কেলাস, অয়শ্চুম্বকীয়, তড়িতের সুপরিবাহী। ইহা প্রকৃতপক্ষে FeO এবং Fe_2O_3 দ্বারা গঠিত লবণ।

$Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$

$Fe_3O_4 + Fe \overset{\Delta}{=} 4FeO$; $Fe_3O_4 + 4C = 3Fe + 4CO$;
$Fe_3O_4 + 4CO \rightleftharpoons 3Fe + 4CO_2$

ব্যবহার : তড়িৎদ্বার প্রস্তুতিতে, আর্ক আলোক উৎপাদনে, ইস্পাতশিল্পে।

ফেরাস হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_2$

প্রস্তুতি : বায়ুর অনুপস্থিতিতে ফেরাস লবণের দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করিলে অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$

ধর্ম : বায়ুর অনুপস্থিতিতে অধঃক্ষিপ্ত $Fe(OH)_2$ সাদা, কিন্তু বায়ুর উপস্থিতিতে ইহা অতিদ্রুত বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া বাদামী বর্ণ $Fe(OH)_3$-তে পরিণত হয় ; $4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$

ইহা জলে অদ্রাব্য ক্ষারক এবং শক্তিশালী বিজারক।

$Fe(OH)_2 + H_2SO_4 = FeSO_4 + 2H_2O$

$NaNO_3 + 8Fe(OH)_2 + 6H_2O = NH_3 + 8Fe(OH)_3 + NaOH$

$NaClO_4 + 8Fe(OH)_2 + 4H_2O = NaCl + 8Fe(OH)_3$

ফেরিক হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_3$

প্রস্তুতি : ফেরিক লবণের দ্রবণে Na_2CO_3, NaOH বা NH_4OH দ্রবণ যোগ করিয়া।

$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 6NaCl + 3CO_2$

$Fe_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3Na_2SO_4$

ধর্ম : ইহা বাদামী বর্ণ থকথকে অনিয়তাকার পদার্থ, ফুটাইলে সোদক Fe_2O_3-তে পরিণত হয়। $2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3, H_2O + 2H_2O$;

$Fe_2O_3, H_2O \overset{300°C}{=} Fe_2O_3+H_2O$, মৃদু ক্ষারক, অনেক সময় সামান্য অ্যাসিড ধর্মও প্রদর্শন করিতে পারে।

$$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$$
$$Fe(OH)_3 + NaOH \text{ (গাঢ়)} = NaFeO_2 + 2H_2O$$

ব্যবহার : সূতা বা বস্ত্র খাকি রঙ করিবার জন্য, কোল গ্যাস হইতে H_2S দূরীভূত করিবার জন্য।

ফেরাস ক্লোরাইড, $FeCl_2$

প্রস্তুতি : Fe (উত্তপ্ত) $+ 2HCl$ (গ্যাস) $= FeCl_2$ (অনার্দ্র) $+ H_2$

$2FeCl_3$ (উত্তপ্ত) $+ H_2 = 2FeCl_2$ (অনার্দ্র) $+ 2HCl$

$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$; $FeCO_3 + 2HCl = FeCl_2 + CO_2 + H_2O$

শেষোক্ত দুইটি বিক্রিয়াজাত $FeCl_2$-কে দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে সোদক কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম : অনার্দ্র $FeCl_2$ বর্ণহীন, উদগ্রাহী। সোদক $FeCl_2$ সবুজ কেলাসাকার।

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3 \; ; \quad 12\,FeCl_2 + 3O_2 = 8FeCl_3 + 2Fe_2O_3$$

ফেরিক ক্লোরাইড, $FeCl_3$

প্রস্তুতি : $2Fe$ (লোহিত তপ্ত) $+ 3Cl_2 = 2FeCl_3$ (অনার্দ্র)

$Fe(OH)_3 + 3HCl$ (লঘু) $= 3H_2O + FeCl_3$

$2FeCl_2$ (দ্রবণ) $+ Cl_2 = 2FeCl_3$

শেষোক্ত বিক্রিয়াজাত দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিয়া $FeCl_3, 6H_2O$-এর সোদক কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম : অনার্দ্র $FeCl_3$ কালো উদগ্রাহী। সোদক কেলাস হলুদ বর্ণ। সোদক কেলাস উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র $FeCl_3$ পাওয়া যায় না।

$$2(FeCl_3, 6H_2O) \overset{\Delta}{=} Fe_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব অনুযায়ী সঙ্কেত Fe_2Cl_6।

$$FeCl_6 \overset{750°}{\rightleftharpoons} 2Fe_2Cl_3 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2FeCl_2 + Cl_2$$

ইহা জারকধর্মী। $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$

ব্যবহার : ঔষধ হিসাবে, বিকারক হিসাবে, অনুঘটক হিসাবে, রঙ-সংস্থাপক হিসাবে।

ফেরাস নাইট্রেট, $Fe(NO_3)_2$

প্রস্তুতি : $FeSO_4 + Pb(NO_3)_2 = PbSO_4 \downarrow + Fe(NO_3)_2$

ধর্ম : সবুজ বর্ণ $Fe(NO_3)_2, 6H_2O$ কেলাস হিসাবে উৎপন্ন হয়। জলীয় দ্রবণ সহজেই জারিত হয় ;

$$12Fe(NO_3)_2 + 6H_2O + 3O_2 = 8Fe(NO_3)_3 + 4Fe(OH)_3$$

ফেরিক নাইট্রেট, $Fe(NO_3)_3$

প্রস্তুতি : Fe_2O_3, $Fe(OH)_3$ বা Fe-কে নাতিগাঢ় HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া।

$$Fe(OH)_3 + 3HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$$

ধর্ম : প্রায় বর্ণহীন সোদক কেলাস $Fe(NO_3)_3, 9H_2O$

অথবা, $Fe(NO_3)_3, 6H_2O$ । $4Fe(NO_3)_3 \overset{\Delta}{=} 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$

ব্যবহার : রঞ্জন শিল্পে রঙ-সংস্থাপক হিসাবে।

ফেরাস সালফেট, $FeSO_4$/গ্রীন ভিট্রিয়ল, $FeSO_4, 7H_2O$ (হিরাকষ)

প্রস্তুতি : $Fe + H_2SO_4$ (লঘু) $= FeSO_4 + H_2$

$FeS + H_2SO_4$ (লঘু) $= FeSO_4 + H_2S$

$2FeS_2$ (মার্কাসাইট) $+ 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$

উৎপন্ন দ্রবণ কেলাসিত করিলে $FeSO_4, 7H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম : গ্রীন ভিট্রিয়ল $FeSO_4, 7H_2O$ উদত্যাগী ঈষৎ সবুজ বর্ণ কেলাসাকার পদার্থ। জলীয় দ্রবণ সহজেই জারিত হয় ;

$$12FeSO_4 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe_2(SO_4)_3 + 4Fe(OH)_3$$

$FeSO_4 + NO + 5H_2O = [Fe(NO)(H_2O)_5]SO_4$ (ঘন বাদামী বর্ণ)

$$FeSO_4, 6H_2O \xrightarrow{140°C} FeSO_4, H_2O \xrightarrow{300°C} FeSO_4 \xrightarrow{800°C} Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$$

$$K_2Cr_2O_7 + 6FeSO_4 + 7H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

ব্যবহার : লিখিবার কালি, রুজ, 'মোর' লবণ ও ঔষধ প্রস্তুতিতে, রঙ-সংস্থাপক ও বিজারক হিসাবে, কাষ্ঠসংরক্ষণ ইত্যাদিতে।

ফেরিক সালফেট, $Fe_2(SO_4)_3$

প্রস্তুতি : $2FeSO_4 + 2H_2SO_4$ (উষ্ণ, গাঢ়) $= Fe_2(SO_4)_3$ (অনার্দ্র) $+ SO_2 + 2H_2O$

$6FeSO_4 + 3H_2SO_4$ (উষ্ণ, লঘু) $+ 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$

শেষোক্ত বিক্রিয়া হইতে $Fe_2(SO_4)_3, 9H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ অনার্দ্র লবণ হরিদ্রাভ সাদা, সোদক লবণ বেগুনী।

$$Fe_2(SO_4)_3 \overset{>500°C}{\rightleftharpoons} Fe_2O_3 + 3SO_3$$
$$Fe_2(SO_4)_3 + Cu = FeSO_4 + CuSO_4$$
$$K_2SO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 24H_2O = \underset{\text{ফেরিক অ্যালাম}}{K_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O}$$

ব্যবহার ঃ ফেরিক অ্যালাম ও ঔষধ প্রস্তুতিতে, রঙ-সংস্থাপক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ফেরাস কার্বনেট, $FeCO_3$

উৎস ঃ স্পাথিক আয়রন ওর।
প্রস্তুতি ঃ $FeSO_4 + Na_2CO_3 = FeCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$
ধর্ম ঃ বর্ণ সাদা, জলে অদ্রাব্য। $FeCO_3 + H_2O + CO_2 = Fe(HCO_3)_2$

$$4Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$$
$$4FeCO_3 + O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. (a) লোহার তিনটি প্রধান আকরিকের নাম সঙ্কেতসহ লিখ। (b) লোহার আকরিক হইতে কিভাবে ঢালাই লোহা (cast iron) নিষ্কাশন করা হয়? ব্লাস্ট ফার্নেসে যে-সকল বিক্রিয়া ঘটে সেইগুলির উল্লেখ কর। [Tripura, 1978]

2. (a) লৌহ নিষ্কাশনের সময় মারুতচুল্লীতে যে-রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

(b) Cast iron হইতে ইস্পাত তৈরির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(c) মরিচা কি? মরিচা পড়া রোধ করা যায় কিভাবে? বিশুদ্ধ $Fe(OH)_2$ কিভাবে তৈরি করা যায়? [H. S. 1980]

3. হিমাটাইট হইতে মারুতচুল্লীর সাহায্যে কাস্ট আয়রন প্রস্তুতির বিষয়ে নিম্নলিখিত তথ্যগুলি পরিবেশন কর:

(i) পদ্ধতিতে ব্যবহৃত মুখ্য কাঁচামালগুলির নাম।
(ii) প্রত্যেকটি কাঁচামালের ভূমিকা।
(iii) ব্যবহৃত বাতাসের ভূমিকা।
(iv) আয়রন নিষ্কাশনকারী বিক্রিয়াসমূহ।
(v) নিষ্কাশিত লৌহের সংগ্রহ।
(vi) দুইটি উপজাত পদার্থের নাম ও ব্যবহার। [H. S. 1984]

4. (a) ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে ইস্পাত শিল্পপ্রস্তুতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

(b) স্টেনলেস স্টীল সম্পর্কে টীকা লিখ।

(c) লোহার মরিচা ধরার কারণগুলি কি ? [Tripura, 1984]

5. (a) মরিচা কি ? আয়রনে মরিচা পড়ার কারণ কি ? মরিচা নিবারণের জন্য কি কি উপায় অবলম্বিত হয় ? মরিচা নিবারণে দস্তালেপন ও টিনলেপনের ভূমিকা সম্পর্কে সংক্ষেপে তুলনামূলক আলোচনা কর।

(b) নিষ্ক্রিয় আয়রন বলিতে কি বুঝ ? আয়রনের নিষ্ক্রিয়তার কারণ কি ?

6. স্টীল প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত বেসিমার ও ওপেন হার্থ পদ্ধতির তুলনামূলক আলোচনা কর। এল. ডি. পদ্ধতিতে কিরূপে ইস্পাত প্রস্তুত করা হয় ? ডুপ্লেক্স স্টীল কি ?

7. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রস্তুত পদ্ধতি, বিশিষ্ট ধর্ম ও ব্যবহার লিখ :

(a) হিরাকষ [H. S. '78, Tripura '79, '80], (b) অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড, (c) বিশুদ্ধ ফেরাস হাইড্রক্সাইড [H. S. '80], (d) রুজ, (e) মোরের লবণ, (f) ফেরিক অ্যালাম।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. (a) মারুতচুল্লীতে কেন চুনাপাথর যোগ করা হয় ? [J. E. 1978]

(b) কি করিয়া হিরাকষ (গ্রীন ভিট্রিয়ল) হইতে 'রুজ' প্রস্তুত করিবে ? [J. E. 1979]

(c) ব্যাখ্যা কর, কেন অ্যালুমিনিয়াম আয়রন অপেক্ষা অধিক শক্তিশালী বিজারক। [J. E. 1980]

(d) লোহা হইতে শুরু করিয়া কিভাবে অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড প্রস্তুত করিবে ? [Tripura, 1983]

(e) লোহা হইতে শুরু করিয়া কি করিয়া মোরের লবণ প্রস্তুত করিবে ? [Tripura, 1983]

(f) "লৌহ আকরিক ভস্মীকরণ করিলে আকরিকের ফেরাস অক্সাইড ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এইভাবে লৌহের অপচয় বন্ধ হয়"—এই বক্তব্যের যথার্থতা বিচার কর। [J. E. 1983]

(g) অল্প জিঙ্কের উপস্থিতিতে লৌহের ক্ষয় কমিয়া যায় কেন ? [J. E. 1985]

(h) সোদক ফেরিক ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র করা যায় না কেন ?

(i) অ্যাসিড বেসিমার পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতকালে কনভার্টারের গাত্রে অ্যাসিডীয় আস্তরণ রাখা হয় কেন ?

(j) বেসিক ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতকালে চুল্লীর গাত্রে ক্ষারকীয় আস্তরণ রাখা হয় কেন ?

(k) ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতকালে স্পিগেল আইজেন যোগ করিবার পূর্বে ধাতুমল অপসারিত করা হয় কেন ?

(l) ডুপ্লেক্স স্টীল উন্নত মানের কেন ?

(m) মারুতচুল্লীতে পিগ আয়রন প্রস্তুতকালে কেন উত্তপ্ত অবস্থায় বায়ু চালনা করা হয় ?

(n) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ রাখিয়া দিলে উহাতে বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে কেন ? [I. I. T. 1980]

2. কি ঘটে সমীকরণসহ বর্ণনা কর :

(a) লোহিত তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করা হইল। [Tripura, '78, '81, H. S. '80]

(b) সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরিক সালফেট দ্রবণে আয়রন চূর্ণ মিশানো হইল। [H. S. 1978]

(c) ফেরিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল। [Tripura, '79, '81 ; H. S. '82]

(d) কার্বন ও আয়রন চূর্ণকে একত্রে উত্তপ্ত করা হইল। [Tripura, 1979]

(e) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে জিঙ্ক ধাতু মিশানো হইল। [J. E. 1978]

(f) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড মিশানো হইল। [J. E. 1979]

(g) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশানো হইল। [J. E. 1980]

(h) কপার সালফেট দ্রবণে লৌহচূর্ণ যোগ করা হইল। [H. S. 1982]

(i) সোদক ফেরাস সালফেটকে উত্তপ্ত করা হইল। [J. E. 1978]

(j) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণের সহিত সদ্যপ্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ মিশানো হইল। [Tripura, 1979]

(k) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালিত হইল। [H. S. 1984]

(l) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফেরিক সালফেট দ্রবণের মধ্যে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করা হইল। [Tripura, 1985]

পরিশিষ্ট

কয়েকটি ধাতুর সংক্ষিপ্ত পরিচয়

লেড (Lead)

চিহ্ন Pb — পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 82

পারমাণবিক গুরুত্ব 207·2 — ইলেকট্রন বিন্যাস 2, 8, 18, 32, 18, 4

অবস্থান : (1) গ্যালেনা PbS, (2) সেরুসাইট $PbCO_3$, (3) অ্যাংগ্লেসাইট $PbSO_4$, (4) লেড ওকর PbO ইত্যাদি খনিজ। এই খনিজগুলির মধ্যে প্রধানত গ্যালেনা হইতে লেড নিষ্কাশন করা হয়।

নিষ্কাশন ঃ গ্যালেনা হইতে কার্বন বিজারণ ও স্বতঃ-বিজারণ উভয় পদ্ধতিতেই লেড নিষ্কাশন করা হয়।

কার্বনবিজারণ পদ্ধতি : কার্বন-বিজারণ পদ্ধতির চারটি পর্যায় ঃ (1) আকরিক গাঢ়ীকরণ ; (2) তাপজারণ ; (3) বিগলন এবং (4) শোধন।

(1) **আকরিক গাঢ়ীকরণ ঃ** একটি জলপূর্ণ ট্যাঙ্কে গ্যালেনাচূর্ণ, পাইন তেল (ফেনা উৎপাদক), জ্যানথেট (সংগ্রহক) ও চুন (পাইরাইটিস অবদমক) মিশ্রিত করিয়া নিম্ন দেশ হইতে বায়ুচালনার সাহায্যে 'ফেনভাসন পদ্ধতিতে' আকরিক গাঢ়ীকরণ করা হয়। চালিত বায়ু মিশ্রণকে আলোড়িত রাখে এবং প্রচুর ফেনা উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ফেনার সহিত আকরিক চূর্ণ ভাসিয়া উঠে এবং তাহা সংগ্রহ করা হয়। অপদ্রব্যগুলি নিচে থিতাইয়া থাকে।

(2) **তাপজারণ ঃ** গাঢ়ীকৃত আকরিক চূর্ণকে শুষ্ক করিয়া কয়লা ও চুন (বিগালক) মিশ্রিত করিবার পর বায়ুচালনার ব্যবস্থা সমন্বিত একটি চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রায় তাপজারিত করিয়া প্রধানত লেড অক্সাইডে পরিণত করা হয়; $2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2$। আকরিকে উপস্থিত সিলিকা চুনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়— লেড অক্সাইডকে লেড সিলিকেটে পরিণত করিয়া দূরীভূত করিতে পারে না ;

$$CaO+SiO_2=CaSiO_3$$

(3) **বিগলন ঃ** তাপজারণের ফলে আকরিক চূর্ণ ডেলা পাকাইয়া যায়। ডেলাগুলিকে ছোট ছোট টুকরায় ভাঙিয়া, উহার সহিত পরিমাণ মত কোকচূর্ণ এবং বিগালক হিসাবে চুন ও ফেরিক অক্সাইড মিশ্রিত করার পর, মারুতচুল্লীতে প্রায় 1000°C তাপমাত্রায় বিগলন করা হয়। লেড অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় এবং আকরিকের মধ্যে অজারিত লেড-সালফাইড থাকিলে, উহা ফেরিক অক্সাইড ও কার্বনের সহিত বিক্রিয়ায় লেডে পরিণত হয় ;

$$PbO+C=Pb+CO\ ;\quad 2PbS+Fe_2O_3+3C=2FeS+2Pb+3CO$$

চুন সিলিকা অশুদ্ধিকে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমলে পরিণত করে ;

$$CaO+SiO_2=CaSiO_3\ ।$$

মারুতচুল্লীর তলদেশ হইতে গলিত লেডের স্তর এবং উহার উপর ভাসমান গলিত ধাতুমল ($CaSiO_3+FeS$) স্তরকে পৃথক পৃথক নির্গমপথের মাধ্যমে বাহিরে আনা হয়।

(4) **শোধন ঃ** উপরি-উক্ত উপায়ে উৎপন্ন লেডের কাঠিন্য, অশুদ্ধির উপস্থিতির জন্য অধিক হয়। সেজন্য লেড শোধনের অপর এক নাম 'নম্রকরণ' (softening)।

লেড নম্রকরণের জন্য অশুদ্ধিযুক্ত লেডকে পরাবর্ত চুল্লীতে লইয়া বায়ুর উপস্থিতিতে গলিত করা হয়। বরধাতু ব্যতীত অন্যান্য অশুদ্ধি জারিত হইয়া, উদ্বায়ী অক্সাইডরূপে বাহির হইয়া যায় (যেমন S, As ইত্যাদি), নতুবা সর হিসাবে (যেমন Cu, Sb ইত্যাদি) উপরে ভাসিয়া উঠে এবং অপসারিত করা হয়। অধিকাংশ লেডে সিলভার উপস্থিত থাকে বলিয়া নম্রকরণের পর লেডকে সিলভারমুক্ত (desilverisation) করা হয়। লেডকে সিলভার মুক্ত করিবার জন্য পার্কস পদ্ধতি বা প্যাটিনসন পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।

স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে লেড নিষ্কাশন ঃ আকরিকে লেডের পরিমাণ বেশি হইলে এই পদ্ধতি অনুসৃত হয়। এই পদ্ধতিতেও পূর্বোক্ত পদ্ধতির চারিটি পর্যায় বর্তমান।

(1) **আকরিক গাঢ়ীকরণ ঃ** পূর্বোক্ত পদ্ধতির অনুরূপ।

(2) **তাপজারণ ঃ** গাঢ়ীকৃত আকরিককে পরাবর্ত চুল্লীতে রাখিয়া নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহে মধ্যম উচ্চ তাপমাত্রায় এমনভাবে তাপ জারিত করা হয় যে, গ্যালেনার অর্ধাংশের সামান্য বেশি জারিত হইয়া লেডঅক্সাইড ও লেডসালফেটে পরিণত হয় ;

$$2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2 \; ; \; PbS+2O_2=PbSO_4$$

(3) **বিগলন ঃ** প্রয়োজনীয় মাত্রায় তাপজারণ হইবার পর পরাবর্ত চুল্লীর মধ্যে তাপ-জারিত আকরিকে বিগালক হিসাবে চুন যোগ করিয়া বায়ুপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর চুল্লীটিকে লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় ধাতব লেড উৎপন্ন হয় ; $PbS+2PbO=3Pb+SO_2$; $PbS+PbSO_4=2Pb+2SO_2$

(4) **শোধন ঃ** পূর্বোক্ত পদ্ধতির অনুরূপ।

লেডের ভৌতধর্ম ঃ লেড ঈষৎ নীলাভ ধূসর বর্ণের ধাতু। ইহা খুব নরম, ছুরি দিয়া কাটা যায়, হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া চ্যাপ্টা করা যায়। ইহা খুব ভারী, আঃ গুঃ 11·34। গলনাঙ্ক 327°C। ইহাকে কাগজে ঘষিলে কালো দাগ পড়ে।

লেডের ব্যবহার ঃ (1) জলের পাইপ, (2) ঘরের ছাদের আচ্ছাদন, (3) ইলেকট্রিক তারের আচ্ছাদন, (4) অ্যাকুমুলেটার ও ব্যাটারি, (5) সালফিউরিক অ্যাসিড রোধী পাত্র ও প্রকোষ্ঠ, (6) বন্দুকের গুলি ইত্যাদি নির্মাণে, (7) হোয়াইট লেড, রেড লেড, লেড টেট্রাইথাইল ইত্যাদি প্রস্তুতিতে এবং (8) বিভিন্ন সংকর ধাতু উৎপাদনে লেড ব্যবহৃত হয়।

লেডের কয়েকটি সংকর ধাতুর সংযুতি ও ব্যবহার

নাম	শতকরা সংযুতি	ব্যবহার
সফ্ট সোলডার	Pb 50 ; Sn 50	ঝালাই কার্য
ফাইন সোলডার	Pb 33·3 ; Sn 66·7	ঝালাই কার্য
পিউটার	Pb 20 ; Sn 80	জলাধার
ফ্রারী মেটাল	Pb 97 ; Ba 2 ; Ca 1	মেসিন বিয়ারিং
কম্পো	Pb 90 ; Sb 10	পাইপ প্রস্তুতি
টাইপ মেটাল	Pb 75 ; Sb 20 ; Sn 5	ছাপার অক্ষর ও ব্লক
উড্স মেটাল	Pb 25 ; Bi 50 ; Cd 12·5 Sn 12·5	অল্প উষ্ণতায় ঝালাই, ধাতুছিদ্র বন্ধ

ক্রোমিয়াম

চিহ্ন Cr — পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 24
পারমাণবিক গুরুত্ব 52 — ইলেকট্রন বিন্যাস 2, 8, 13, 1

অবস্থান : প্রধান আকরিক ক্রোমাইট বা ক্রোম আয়রন স্টোন $FeCr_2O_4$। আরো কয়েকটি খনিজ ক্রোকোইসাইট (Crocoisite) $PbCrO_4$; ক্রোমওকর Cr_2O_3 ; ক্রোমিটাইট Fe_2O_3, $2Cr_2O_3$

নিষ্কাশন : (1) উত্তপ্ত ক্রোমিক ক্লোরাইডের উপর দিয়া সোডিয়াম ধাতুর বাষ্প চালিত করিলে ক্রোমিয়াম ধাতু পাওয়া যায় ; $CrCl_3+3Na=Cr+3NaCl$

(2) ক্রোমিক অক্সাইডকে 1500°C তাপমাত্রায় শুষ্ক হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া অথবা তড়িৎ-চুল্লীতে কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়াও ক্রোমিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা যায় ;

$$Cr_2O_3+3H_2=2Cr+3H_2O\ ;\ Cr_2O_3+3C=2Cr+3CO$$

(3) কিন্তু ক্রোমিয়াম নিষ্কাশনের সর্বাধিক কার্যকরী পদ্ধতি 'অ্যালুমিনোথার্মি' বা 'গোল্ডস্মিথের থার্মিট পদ্ধতি'। এই পদ্ধতিতে একটি দুর্গল মুচির মধ্যে ক্রোমিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের শুষ্ক মিশ্রণ লইয়া উহার উপর ম্যাগনেসিয়াম রিবনের ফিউজযুক্ত ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ ও বেরিয়াম পারঅক্সাইডের (2 ঃ 15) মিশ্রণে প্রস্তুত কার্টিজ স্থাপন করা হয়। ম্যাগনেসিয়াম রিবনটি জ্বালাইয়া দিলে বিপুল উত্তাপ উদ্‌গিরণ করিয়া বিক্রিয়া শুরু হয় ; $Cr_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Cr$। বিক্রিয়াজাত উত্তাপে উৎপন্ন ক্রোমিয়াম গলিত হইয়া গলিত অ্যালুমিনা স্তরের নিচে 99·5% বিশুদ্ধ অবস্থায় সঞ্চিত হয়।

ধর্ম : ক্রোমিয়াম নমনীয়, নীলাভ রজতশুভ্র ধাতু ; আ. গু. 7·14 ; গলনাঙ্ক 1900°C। ইহা বায়ুসংস্পর্শে কালো হইয়া যায় না এবং সেইজন্য লৌহ ইত্যাদি ধাতুকে ক্রোমিয়াম প্রলেপিত করা হয়।

ব্যবহার : (1) তড়িৎবিশ্লেষণের সাহায্যে ক্রোমিয়াম প্রলেপন ; (2) ক্রোমিয়াম স্টীল প্রস্তুতি ; (3) বিভিন্ন সংকর ধাতু প্রস্তুতি ইত্যাদি।

কয়েকটি ক্রোমিয়াম সংকর ধাতুর সংযুতি, বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার

নাম	শতকরা সংযুতি	বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার
ফেরোক্রোম	Cr 60-70 ; Fe 30-40 এবং কিছু কার্বন	অ্যালয়স্টিল উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।
সাধারণ স্টেনলেস স্টীল	Cr 15 ; Fe 84 ; C. 1	মরিচারোধক ; বাসনপত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।
স্টেনলেস স্টীল 18 ঃ 8	Fe 74 ; Cr 18 ; Ni 8 ; সামান্য কার্বন	উৎকৃষ্টতর মরিচারোধক, তপ্তাবস্থা হইতে হঠাৎ শীতল করিলে কাঠিন্য-যুক্ত হয় না ; বাসনপত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।
ক্রোমিয়াম-ভ্যানাডিয়াম স্টীল	Cr 1-10, V 0·14-0·55 Fe 90-98 সামান্য কার্বন	অত্যন্ত শক্ত ; রেলের চাকা, অ্যাক্সেল শ্যাফ্‌ট ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
নাইক্রোম	Ni 60, Fe 25, Cr 15	উচ্চ মাত্রার তড়িৎ-প্রবাহ রোধযুক্ত ; ইলেকট্রিক হিটারে, ইলেকট্রিক ইস্ত্রিতে ব্যবহৃত হয়।

ম্যাঙ্গানিজ

চিহ্ন Mn
পারমাণবিক গুরুত্ব 54·94

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 25
ইলেকট্রন বিন্যাস 2, 8, 13, 2

অবস্থান : প্রধান আকরিক পাইরোলিউসাইট MnO_2। আরো কয়েকটি খনিজ ব্রাউনাইট MnO_3 ; ম্যাঙ্গানাইট Mn_2O_3, H_2O ; হাউসম্যানাইট Mn_3O_4 ; ম্যাঙ্গানিজ স্পার $MnCO_3$; ম্যাঙ্গানিজ ব্লেণ্ড MnS ইত্যাদি।

নিষ্কাশন : (1) ম্যাঙ্গানোসোম্যাঙ্গানিক অক্সাইড (হাউসম্যানাইট আকরিক অথবা পাইরোলিউসাইটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত) এবং কার্বন মিশ্রণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কার্বন অশুদ্ধিযুক্ত ম্যাঙ্গানিজ পাওয়া যায় ; $Mn_3O_4 + 4C = 3Mn + 4CO$

(2) অ্যালুমিনোথার্মির সাহায্যে বিশুদ্ধতর ধাতু পাওয়া যায়। একটি দুর্গল মুচিতে ম্যাঙ্গানোসোম্যাঙ্গানিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ লইয়া মিশ্রণটির উপরে 2 : 15 অনুপাতে ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ ও বেরিয়াম পার-অক্সাইড মিশাইয়া প্রস্তুত কার্টিজ স্থাপন করা হয়। কার্টিজটির সহিত একটি ম্যাগনেসিয়াম রিবনের ফিউজ সংযুক্ত থাকে। ফিউজটি জ্বালাইয়া দিলে বিক্রিয়া শুরু হয় এবং বিক্রিয়াজাত বিপুল উত্তাপে উৎপন্ন ম্যাঙ্গানিজ গলিত হইয়া গলিত অ্যালুমিনা স্তরের নিচে সঞ্চিত হয়।

$$3Mn_3O_4 + 8\ Al = 9Mn + 4Al_2O_3$$

ধর্ম : ম্যাঙ্গানিজ সামান্য ধূসরাভ অথবা লালাভ সাদা, কাঠিন্যযুক্ত ভঙ্গুর ধাতু। ইহা পরাচুম্বকীয়, গলনাঙ্ক 1260°C।

ব্যবহার : (1) স্টীল প্রস্তুতিতে ম্যাঙ্গানিজসংকর ধাতু ডিঅক্সিডাইজার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (2) অ্যালয় স্টীল ও বিভিন্ন সঙ্করধাতু প্রস্তুতিতে ম্যাঙ্গানিজ ব্যবহার করা হয়।

ম্যাঙ্গানিজের বিভিন্ন সংকর ধাতুর সংযুতি, বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার

নাম	শতকরা সংযুতি	বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার
ফেরোম্যাঙ্গানিজ	70-80% Mn যুক্ত Fe এবং C-এর সংকর ধাতু	ওপেন হার্থ স্টীল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
স্পিগেল আইজেন	20-32% Mn যুক্ত Fe এবং C-এর সংকর ধাতু	বেসিমার স্টীল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
ম্যাঙ্গানিজ স্টীল	13%-এর কম Mn যুক্ত Fe	অত্যন্ত দৃঢ় ; পাথর ভাঙার যন্ত্রের অংশে ব্যবহৃত হয়।
ম্যাঙ্গানিন	Cu 83 ; Mn 14 ; Ni 3	তাপমাত্রার পরিবর্তনে বৈদ্যুতিক রোধে পরিবর্তন অল্প ; রেজিস্টেন্স কয়েল নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।
ম্যাঙ্গানিজ ব্রোঞ্জ	Cu 60 ; Zn 36 ; Fe 1	লবণ জল রোধক ; প্রোপেলারের ব্লেড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
হয়েসলারের অ্যালয়	Mn + Al. 3 Cu 55 ; Al 15 ; Mn 30	অয়শ্চুম্বকীয় ; বৈদ্যুতিক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়।

ম্যাগনেসিয়াম

চিহ্ন Mg
পারমাণবিক গুরুত্ব 24·32

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 12
ইলেকট্রন বিন্যাস 2, 8, 2

অবস্থান : কার্নেলাইট $KCl, MgCl_2, 6H_2O$; ম্যাগনেসাইট $MgCO_3$; ডলোমাইট $MgCO_3$, $CaCO_3$; সমুদ্রের জলে সামান্য পরিমাণ ($MgCl_2$ হিসাবে 0·13%)।

নিষ্কাশণ : (1) অনার্দ্র $MgCl_2$ প্রস্তুতি (সমুদ্রের জল হইতে) সমুদ্রজলে মিল্ক অব লাইম যোগ করিয়া ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয় ;

$$Ca(OH)_2 + MgCl_2 = CaCl_2 + Mg(OH)_2 \downarrow$$

অতঃপর অধঃক্ষেপকে পৃথক করিয়া 10% HCl-এর সাহায্যে দ্রবীভূত করা হয়।

$$Mg(OH)_2 + 2HCl = MgCl_2 + 2H_2O$$

উৎপন্ন দ্রবণকে কেলাসিত করিলে $MgCl_2, 6H_2O$ সোদক কেলাস পাওয়া। এই সোদক কেলাস বায়ুতে উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র $MgCl_2$ প্রস্তুত করা যায় না।

$$MgCl_2, 6H_2O \overset{\Delta}{=} MgCl_2, H_2O + 5H_2O ;$$
$$2MgCl_2, H_2O = MgCl_2, MgO + 2HCl + H_2O$$

সেইজন্য $MgCl_2, 6H_2O$-কে HCl গ্যাসের স্রোতে উত্তপ্ত করিয়া নিরুদিত করা হয়। সোদক কেলাসকে $NH_4Cl, MgCl_2, 6H_2O$ দ্বিলবণে পরিণত করিয়া উত্তপ্ত করিলেও অনার্দ্র $MgCl_2$ পাওয়া যায়।

(2) অনার্দ্র $MgCl_2$-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ গলনাঙ্ক কমাইবার ও পরিবাহিতা বাড়াইবার জন্য অনার্দ্র $MgCl_2$-এর সহিত প্রায় 25% NaCl মিশ্রিত করিয়া ক্যাথোড হিসাবে কার্যক্ষম আয়রন পাত্রের মধ্যে 700°C উষ্ণতায় গলিত করা হয়। পোর্সেলিন নল দ্বারা পরিবেষ্টিত একটি ঝুলন্ত গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোড হিসাবে কাজ করে। অ্যানোডে মুক্তিপ্রাপ্ত ক্লোরিন পোর্সেলিন নলের মাধ্যমে বাহির হইয়া যায়, উৎপন্ন ধাতুর সংস্পর্শে আসিতে পারে না। ক্যাথোডে মুক্তিপ্রাপ্ত ম্যাগনেসিয়াম যাহাতে বায়ু দ্বারা জারিত না হইতে পারে সেইজন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণ শুরু করিবার পূর্বে তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষের মধ্যে ভিতরকার বায়ু হাইড্রোজেনের মত কোন গ্যাসের সাহায্যে অপসারিত করা প্রয়োজন।

বিক্রিয়া ঃ $MgCl_2 \rightleftharpoons Mg^{++} + 2Cl^-$

অ্যানোডে $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$; ক্যাথোডে $Mg^{++} + 2e \rightarrow Mg$

ভৌতধর্ম : ম্যাগনেসিয়াম উজ্জ্বল সাদা হালকা ধাতু। বায়ুতে রাখিলে বহিঃস্তলে অক্সাইড আবরণ উৎপত্তির জন্য ঔজ্জ্বল্য নষ্ট হইয়া যায়। ইহা ঘাতসহ ও প্রসার্যশীল।

ব্যবহার : ফ্ল্যাসলাইট পাউডার হিসাবে ফটোগ্রাফি আলোক সঙ্কেত ব্যবস্থা ইত্যাদিতে, আগুনে বোমা প্রস্তুতিতে, গ্রিগনার্ড বিকারক প্রস্তুতিতে, বহুবিধ হালকা সংকরধাতু উৎপাদনে।

ম্যাগনেসিয়ামের কয়েকটি সংকর ধাতু

নাম	শতকরা সংযুতি	ব্যবহার
ইলেকট্রন	Mg 95, Zn 4·5 Cu 0·5	বিভিন্ন প্রকার হালকা যন্ত্রাংশ ও কাঠামো প্রস্তুতিতে।
ডুরালুমিন	Al 95, Cu 4, Mg 0·5 Mn 0·5	এরোপ্লেনের কাঠামো নির্মাণে। ইহা হাল্কা ও মরিচারোধী।
ম্যাগনেলিয়াম	Al 88-98, Mg 2-12	সস্তা তুলাযন্ত্র, পাত্র, লেদ মেসিনে কাটা যন্ত্রাংশ ইত্যাদি নির্মাণে।

বিবিধ প্রশ্নাবলী

1. কপার ও জিঙ্কের সালফাইড আকরিক হইতে ধাতুদ্বয়কে নিষ্কাশিত ও পরিশোধিত করিতে যে-সকল পদ্ধতি প্রযুক্ত হয় তাহাদের রাসায়নিক তত্ত্ব ও বিক্রিয়া বর্ণনা কর। (অঙ্কন ও নিষ্কাশন পদ্ধতির বিবরণের প্রয়োজন নাই।) [J. E. '79]

2. (a) স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে লেড নিষ্কাশনে যে-সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় তাহাদের সমীকরণ লিখ। [J. E. '78]

(b) সমুদ্রজল হইতে ম্যাগনেসিয়াম উৎপাদনে যে সকল বিক্রিয়া হয় তাহাদের সমীকরণ দাও। [J. E. '78]

3. থার্মাইট পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয় এমন দুইটি ধাতুর নাম লিখ। নিষ্কাশনকালে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। প্রত্যেকটি ধাতু হইতে প্রস্তুত একটি করিয়া সঙ্করধাতুর সংযুতি, বিশেষ ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

4. নিম্নলিখিত সংকরধাতুগুলির সংযুতি, বিশেষধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর:

(a) ব্রাস, (b) সোলডার, (c) স্টেনলেস স্টীল, (d) জার্মান সিলভার, (e) ব্রোঞ্জ, (f) টাইপ মেটাল, (g) অ্যালয় স্টীল, (h) ডুরালুমিন, (i) গান মেটাল, (j) বেল মেটাল।

5. নিম্নলিখিত খনিজগুলি হইতে কোন্ ধাতু নিষ্কাশিত করা যায়?

(a) ম্যাগনেসাইট [Tripura '79], (b) ডলোমাইট [J. E. '81], (c) চালকোপাইরাইট, (d) কার্নেলাইট, (e) হিমাটাইট, (f) গ্যালেনা, (g) বক্সাইট, (h) ক্যালামিন।

6. নিম্নলিখিত খনিজগুলির রাসায়নিক সংযুতি দাও:

(a) কপার পাইরাইটিস, (b) জিঙ্কাইট, (c) ক্যালামিন, (d) ফ্লুয়োরস্পার, (e) কার্নেলাইট, (f) বক্সাইট, (g) লিমোনাইট, (h) ম্যাগনেসাইট, (i) ক্রায়োলাইট, (j) গ্যালেনা, (k) ম্যালাকাইট।

7. ধাতুবিদ্যায় তড়িতের ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা কর। [Tripura '83] তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা যায় এমন তিনটি ধাতুর নাম লিখ। উহাদের নিষ্কাশনকালে ব্যবহৃত শর্তগুলি এবং বিক্রিয়াগুলি বর্ণনা কর।

8. নিম্নে উল্লিখিত ধাতুনিষ্কাশন পদ্ধতিগুলির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। প্রত্যেকটি পদ্ধতির একটি করিয়া উদাহরণ দিতে হইবে।

(i) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি, (ii) তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি, (iii) স্বতঃবিজারণ পদ্ধতি উপাদানসমূহের নাম উল্লেখ করিয়া একটি ধাতুসংকরের নাম লিখ। [H. S. '84]

9. কিরূপে পার্থক্য নির্ণয় করিবে ?

(a) ফেরাস হইতে ফেরিক [I.I.T. '78], (b) কিউপ্রাস হইতে কিউপ্রিক [I.I.T. '78], (c) $CaCl_2$ হইতে $MgCl_2$ [I.I.T. '79], (d) $ZnSO_4$ হইতে $MgSO_4$ [J.E. '80], (e) $Al_2(SO_4)_3$ হইতে $ZnSO_4$, (f) Na_2CO_3 হইতে $NaHCO_3$।

10. শূন্যস্থান পূর্ণ কর ঃ

(a) ইস্পাত প্রস্তুতির ক্ষারকীয় বেসিমার পদ্ধতিতে চুল্লীর ভিতরের আস্তরণ —— দ্বারা দেওয়া হয় ; উৎপন্ন ধাতুমলে —— বর্তমান থাকে। [I. I. T. '80]

(b) থার্মিট পদ্ধতিতে —— কে বিজারকরূপে ব্যবহার করা হয়। [I. I. T. '80]

(c) সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে —— সহ উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। [I. I. T. '80]

(d) স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে কপার ছাড়াও —— ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।

(e) কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে লেড ছাড়াও —— ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।

(f) সোডিয়াম নাইট্রেট বা পটাসিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে —— গ্যাস পাওয়া যায় কিন্তু লেড নাইট্রেট বা জিঙ্ক নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে —— ব্যতীত —— গ্যাসও উৎপন্ন হয়।

(g) ডাউন পদ্ধতিতে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনকালে —— অ্যানোড ব্যবহারের কারণ উহা অ্যানোডে উৎপন্ন —— গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া করে না।

(h) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ —— হয় বলিয়া ফিনলথ্যালিনকে গোলাপি করে।

(i) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনের সময় তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে —— যোগ করা হয়।

(j) কপার হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপের অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রবীভূত হইবার কারণ —— যৌগের উৎপত্তি। [I. I. T. '80]

11. জোড়ের মিল কর ঃ

বিরঞ্জক	অ্যালুমিনিয়াম
স্মেলিংসল্ট	কার্বন
ক্রায়োলাইট	টিন
বেল মেটাল	অ্যামোনিয়াম কার্বনেট
ফ্লুয়োরস্পার	অ্যামোনিয়াম ফসফেট
খার	ক্যালসিয়াম
অ্যানথ্রাসাইট	ক্লোরিন

জৈব রসায়ন

১
জৈব যৌগের বৈশিষ্ট্য ও গঠন
(CHARACTERISTICS AND STRUCTURE OF ORGANIC COMPOUNDS)

[Syllabus: Tetrahedral space model of carbon, chain and ring structure. Saturated and unsaturated compounds. Aliphatic and aromatic compounds.]

1.1 ভূমিকা

অতি প্রাচীনকাল হইতেই মানুষ নিজের প্রয়োজনে বিভিন্ন উদ্ভিজ্জ ও প্রাণীজ পদার্থ ব্যবহার করিয়া আসিতেছে। খাদ্য হিসাবে চাল, গম, যব, মধু, মৎস, মাংস, তৈল, ঘৃত, মাখন ইত্যাদি গ্রহণ করিতেছে; ইক্ষু, তালরস, খেজুররস, আঙ্গুর ইত্যাদি হইতে শর্করা বা গুড় উৎপন্ন করিতেছে অথবা সন্ধান প্রক্রিয়ায় সুরা প্রস্তুত করিতেছে; উদ্ভিদের ফুল, কাণ্ড, মূল ইত্যাদি হইতে গন্ধদ্রব্য অথবা রঞ্জনপদার্থ নিষ্কাশন করিতেছে। আমরা ধাতু, লবণ, ক্ষার, অ্যাসিড ইত্যাদি অন্য যে-শ্রেণীর পদার্থ ব্যবহার করি সেগুলি হইতে পূর্বোক্ত পদার্থগুলির প্রভেদ এই যে, এই পদার্থগুলি জীবদেহের সংগঠক অংশ—উহার জীবনচক্রের সহিত ওতোপ্রোতভাবে জড়িত, অথবা অনুরূপ জৈবিক অংশ হইতে সৃষ্ট। সেইজন্য এই শ্রেণীর পদার্থগুলিকে 'জৈব পদার্থ' এবং অন্য শ্রেণীর পদার্থগুলিকে 'অজৈব পদার্থ' হিসাবে পৃথকভাবে চিহ্নিত করা হয়।

অষ্টাদশ শতকের মধ্যভাগ পর্যন্ত জৈব পদার্থের উৎপত্তি বা গঠনরহস্য সম্পর্কে মানুষের কোন সুস্পষ্ট ধারণা ছিল না।

অষ্টাদশ শতকের শেষার্ধে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করিতে সমর্থ হন যে, জৈব পদার্থ নামে পরিচিত প্রত্যেক পদার্থের মধ্যেই কার্বন আছে এবং প্রায় সকল জৈব পদার্থের মধ্যে হাইড্রোজেনকেও দেখিতে পাওয়া যায়। পরবর্তী কালে দেখা যায় যে, অধিকাংশ জৈব যৌগের মধ্যে অক্সিজেনও বর্তমান এবং অল্পসংখ্যক যৌগের মধ্যে নাইট্রোজেন, সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি অধাতব মৌল এবং কয়েকটি বিশিষ্ট ধাতব মৌল থাকে। সুরার সক্রিয় উপাদান অ্যালকোহল; শর্করা, মধু বা গুড়; চাল, গম বা যবের প্রধান অংশ স্টার্চ; চর্বি, তৈল বা ঘৃত; বিভিন্ন জৈব অ্যাসিড, গ্লিসারিন ইত্যাদি যৌগগুলি—কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিভিন্ন অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগের ফলে গঠিত হইয়াছে। কিন্তু জৈব যৌগগুলির মধ্যে এমন কতগুলি বৈশিষ্ট্য দেখিতে পাওয়া যায়, যাহা অজৈব যৌগের মধ্যে সচরাচর দেখিতে পাওয়া যায় না। উদাহরণস্বরূপ, জৈব রসায়নে দুইটি বা ততোধিক নির্দিষ্ট মৌল একই অনুপাতে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন জৈব যৌগ উৎপন্ন করিয়াছে দেখিতে পাওয়া

যায়। অর্থাৎ সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মের একাধিক জৈব যৌগের অভিন্ন আণবিক সঙ্কেত হইতে পারে। কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মত অল্প কয়েকটি মৌল বিভিন্নরূপে সংযুক্ত হইয়া যে-অসংখ্য স্বতন্ত্র জৈব যৌগ সৃষ্টি করিয়াছে তদনুরূপ কিছু অজৈব রসায়নে কল্পনাতীত। এই সব কারণে এককালে মনে করা হইত যে, সরলতর অজৈব যৌগ বা মৌলের সংযাগে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে জৈব যৌগ প্রস্তুত করা অসম্ভব। জৈব যৌগ উৎপত্তির জন্য বিশেষ একপ্রকার 'সঞ্জীবনী বল' (Vital force) প্রয়োজন, যাহার কেবলমাত্র জীবদেহেই অস্তিত্ব আছে। সঞ্জীবনী বলের তত্ত্বকে বলা হইত 'প্রাণবাদ' (vitalism), এই তত্ত্বের প্রবক্তাদের বলা হইত 'প্রাণবাদী' (vitalist)। প্রাণবাদীরা জৈবজগতের বিভিন্ন ঘটনার মধ্যে এক অজ্ঞেয় রহস্যময় সত্তার অস্তিত্ব প্রমাণ করিবার চেষ্টা করিতেন। বিখ্যাত সুইডিস রসায়নবিদ বার্জেলিয়াস ছিলেন এই প্রাণবাদীদের নেতা।

প্রাণবাদের উপর প্রথম আঘাত আসে 1828 খ্রীস্টাব্দে। জার্মান রসায়নবিদ ভোয়েলার পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO) উত্তপ্ত করিয়া ইউরিয়া (NH_2CONH_2) প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন। এই অ্যামোনিয়াম সায়ানেটকে সরলতর যৌগ হইতে সংশ্লেষিত করা যায়। ইউরিয়া, স্তন্যপায়ী প্রাণীর মূত্রে বর্তমান একটি সন্দেহাতীত জৈব যৌগ। সুতরাং প্রমাণিত হয় কোনরূপ 'সঞ্জীবনী বল' ব্যতীতই সরলতর উৎস হইতে জৈব যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব। প্রাণবাদের উপর চূড়ান্ত আঘাত আসে 1844 খ্রীস্টাব্দে বিজ্ঞানী কোল্ব-কর্তৃক মৌল উপাদান হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড সংশ্লেষণের ফলে।


চিত্র 1.1 ভোয়েলার

1850 খ্রীস্টাব্দে বার্থেলট সংশ্লেষিত উপায়ে মিথেন প্রস্তুত করিলেন। একটির পর একটি জৈব যৌগ সংশ্লেষিত হইতে লাগিল। প্রাণবাদ ধূলিসাৎ হইয়া গেল। বর্তমানে সংশ্লেষিত উপায়ে প্রস্তুত জৈব যৌগের সংখ্যা প্রকৃতিজাত জৈব যৌগ অপেক্ষা অধিক। নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হইয়াছে যে, জৈব যৌগ গঠনে কার্যকরী নীতিগুলি অজৈব যৌগ গঠনে কার্যকরী নীতির সহিত অভিন্ন। জৈব যৌগ এবং অজৈব যৌগের মধ্যে তথাকথিত অভেদ্য সীমারেখা লুপ্ত হইয়াছে। তথাপি জৈব যৌগগুলির কয়েকটি সাধারণ বৈশিষ্ট্য ও জটিলতার জন্য সেগুলিকে এখনো স্বতন্ত্রভাবে জৈব রসায়ন নামে রসায়নশাস্ত্রের একটি শাখার মধ্যে শ্রেণীভুক্ত করিয়া অধ্যয়ন করা হয়।

1.2 জৈব যৌগের বৈশিষ্ট্য

(a) অল্পসংখ্যক মৌলের সহিত সংযুক্তিতে অসংখ্য যৌগ গঠন জৈব যৌগের একটি বৈশিষ্ট্য : সকল জৈব যৌগেই কার্বন পরমাণু আছে। কার্বন

পরমাণু হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, ফসফরাস এবং কয়েকটি-মাত্র ধাতব পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া কয়েক কোটি বিভিন্ন জৈব যৌগ গঠন করিয়াছে। অজৈব যৌগ কার্বন ব্যতীত অন্যান্য সকল মৌল দ্বারা সম্ভাব্য সর্ব উপায়ে প্রস্তুত হইলেও তাহার সংখ্যা তুলনায় অনেক কম। (অবশ্য CO, CO_2 এবং কার্বনেট লবণগুলি অজৈব যৌগের অন্তর্গত বলিয়া ধরা হয়)।

(b) ক্যাটিনেশন (Catenation)ঃ জৈব যৌগে বিভিন্ন কার্বন পরমাণু পরস্পর সংযুক্ত জটিল গঠনের শৃঙ্খল (অথবা বেষ্টনি) সৃষ্টি করিতে পারে। কার্বন পরমাণুর এই ধর্মকে ক্যাটিনেশন বলে। অজৈব যৌগের গঠন তুলনামূলকভাবে অনেক সরল।

(c) যোজ্যতা বৈশিষ্ট্য ও ভৌতধর্মঃ কার্বন সর্বদাই সমযোজী যৌগ গঠন করে এবং ইহার যোজ্যতা সর্বদাই চার। কার্বন পরমাণু অন্য কার্বন পরমাণুর সহিত অথবা হাইড্রোজেনের মত তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের সহিত অথবা ক্লোরিন বা অক্সিজেনের মত তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের সহিত একইরূপ স্বাচ্ছন্দ্যতার সহিত যুক্ত হইতে পারে। কার্বন সর্বদাই সমযোজী যৌগ গঠন করে বলিয়া অধিকাংশ জৈব যৌগই অ্যালকোহল, বেঞ্জিন, ইথার ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য কিন্তু জলের মত ধ্রুবীয় দ্রাবকে অদ্রাব্য। যে-সব জৈব যৌগ জলে দ্রবীভূত হয় সেগুলিকেও কদাচিৎ আয়নিত হইতে দেখা যায় (অবশ্য জৈব অ্যাসিডের মত কার্যকরী মূলক বা ফাংশানাল গ্রুপযুক্ত জৈব যৌগ জলে দ্রবীভূত হইয়া আয়নিত হইতে পারে)। ইহাদের বিক্রিয়াগুলি সাধারণত ধীরগতি ও জটিল, সরল আয়নীয় বিক্রিয়ার মত দ্রুত নয়। জৈব যৌগের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক অজৈব যৌগের তুলনায় সাধারণত অনেক কম। অপরপক্ষে অজৈব যৌগগুলি প্রায়শ তড়িৎযোজী ও জলে দ্রবীভূত হইয়া আয়নিত হইতে পারে, কিন্তু জৈব তরলে দ্রাব্য নহে। ইহাদের বিক্রিয়াগুলি সাধারণত সরল আয়নীয় প্রকৃতির এবং সেইজন্য দ্রুতগতিসম্পন্ন। ইহাদের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক তুলনামূলকভাবে জৈব যৌগ অপেক্ষা উচ্চতর।

(d) গঠনমূলক বৈশিষ্ট্যঃ গঠন বৈশিষ্ট্যের দিক হইতে জৈব যৌগের মধ্যে এত অধিক মাত্রায় বৈচিত্র্য পরিলক্ষিত হয় যে, অজৈব যৌগে তাহার তুলনা পাওয়া যায় না। সরলতর গঠনের শৃঙ্খল হইতে শাখাযুক্ত শৃঙ্খল, সম্পৃক্ত যৌগ হইতে দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত যৌগ, বৃত্তীয় যৌগ এবং সুরভিকেন্দ্রিক (অ্যারোমেটিক) যৌগ হইতে সহস্র সহস্র সরলতর এককের সমবায়ে সৃষ্ট হাইপলিমার এবং বিভিন্ন কার্যকরী মূলকের অস্তিত্ব—জৈব যৌগের গঠনবৈচিত্র্যকে সমৃদ্ধ করিয়াছে। অপরপক্ষে অজৈব যৌগের গঠন সাধারণত সরল, এমনকি অজৈব জটিল যৌগগুলিও জটিল গঠনের জৈব যৌগের মত অত জটিল নহে।

(e) সমাবয়বতাঃ একই আণবিক সঙ্কেতের সাহায্যে অনেক সময় বিভিন্ন ধর্মযুক্ত একাধিক জৈব যৌগকে সূচিত করা যায়। এই ঘটনাকে সমাবয়বতা বলে। যেমন, C_2H_6O সঙ্কেত দ্বারা দুইটি (ইথাইল অ্যালকোহল ও ডাইমিথাইল ইথার),

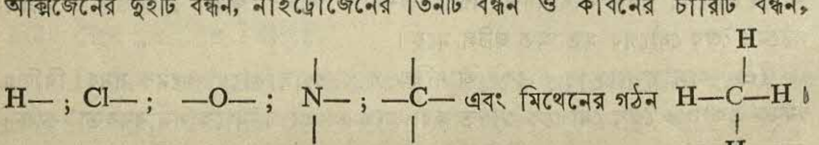
C_6H_{14} সঙ্কেত দ্বারা পাঁচটি এবং $C_{20}\ H_{42}$ সঙ্কেত দ্বারা তিরিশ হাজারেরও বেশি যৌগকে সূচিত করা যায়। সরল অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে সমাবয়বতা কার্যত অনুপস্থিত। জটিল যৌগের ক্ষেত্রে সমাবয়বতা লক্ষ্য করা গেলেও, জৈব যৌগের মত এত বিপুল সংখ্যায় নহে।

(f) সমগণীয় সারি ও কার্যকরী মূলক (Homologous Series and Functional group) ঃ জৈব যৌগগুলিকে সহজেই কতগুলি 'সমগণীয় সারি' বা গোষ্ঠীতে শ্রেণীবিভক্ত করা যায়। এই সব সারির প্রত্যেকটির অন্তর্ভুক্ত সমধর্মীয় যৌগগুলির মধ্যে একই ক্রিয়াশীল মূলক উপস্থিত থাকিয়া যৌগটির রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রিত করে। (কোন ক্রিয়াশীলমূলক না থাকিলেও জৈব যৌগগোষ্ঠী সমগণীয় শ্রেণী হিসাবে পরিগণিত হইতে পারে। যেমন, অ্যালকেন শ্রেণী)। সাধারণভাবে অজৈব যৌগগুলিকে অনুরূপ উপায়ে শ্রেণীবিভক্ত করা যায় না ; যেমন সর্বপ্রকার অজৈব ক্লোরাইড বা সালফেট অনুরূপ সাধারণ বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে না।

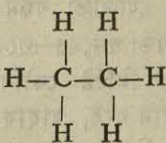
(g) তাপীয় অস্থিতি ঃ সাধারণত জৈব যৌগগুলির তাপীয় সুস্থিতি কম। ইহারা উচ্চতর তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়। খুব কম জৈব যৌগই কয়েক শত ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা সহ্য করিতে পারে। অপরপক্ষে অজৈব যৌগের তাপীয় সুস্থিতি সাধারণভাবে অনেক বেশি। বহু অজৈব যৌগ 1000° সেন্টিগ্রেডের বেশি উষ্ণতাতেও সুস্থিত থাকে।

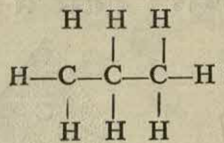
1.3 কার্বনের যোজ্যতা ও উহার বৈশিষ্ট্য

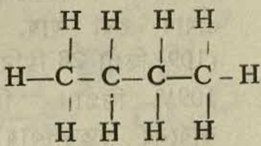
একটি মৌল পরমাণু যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়াছে, সেই সংখ্যার সাহায্যে মৌলটির যোজ্যতা নির্ধারণের সনাতন পদ্ধতি কার্বনের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করিলে জটিলতার সৃষ্টি হয় ; যেমন ঐ পদ্ধতির সাহায্যে হিসাব করিলে মিথেনে (CH_4) কার্বনের যোজ্যতা 4, ইথেনে (C_2H_6) 3, ইথিলিনে (C_2H_4) 2, অ্যাসিটিলিনে (C_2H_2) 1 এবং প্রোপেনে (C_3H_8) একটি ভগ্নাংশ $\frac{8}{3}$। বহুবৎসর সমস্যাটি প্রহেলিকার মত ছিল। অবশেষে 1859 খ্রীস্টাব্দে বিখ্যাত জার্মান রসায়নবিদ কেকুলে এক সরল পদ্ধতির সাহায্যে সমস্যাটির সমাধানে সচেষ্ট হন। তিনি ঘোষণা করেন যে, কি সরল যৌগ কি জটিল যৌগ সর্বক্ষেত্রেই কার্বনের যোজ্যতা 4 এবং একটি যৌগের মধ্যে কার্বন পরমাণু সর্বদাই চারিটি রাসায়নিক বন্ধনের বা বন্ধের (chemical bond) সাহায্যে অন্যান্য পরমাণুর সহিত সংযুক্ত থাকে। এই চারিটি রাসায়নিক বন্ধনকে চারিটি রেখাংশ (—) বা ড্যাসের সাহায্যে সূচিত করা যায়। এই নিয়ম অনুযায়ী হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণুর একটি বন্ধন, অক্সিজেনের দুইটি বন্ধন, নাইট্রোজেনের তিনটি বন্ধন ও কার্বনের চারিটি বন্ধন,

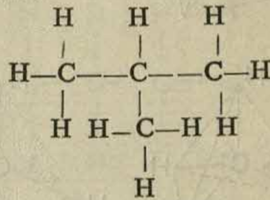


কেকুলে অনুমান করেন যে, কার্বন পরমাণুর চারিটি বন্ধনের একটি বা একাধিক, অন্য কার্বন পরমাণুর বন্ধনের সহিত সংযুক্ত হইয়া শৃঙ্খল গঠন করিতে পারে। তাঁহার অনুমান অনুযায়ী ইথেন, প্রোপেন ও বিউটেনের গঠন নিম্নরূপ ঃ


(ইথেন)


(প্রোপেন)


(নর্মাল বিউটেন)

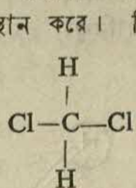
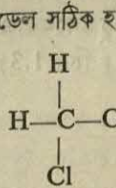

(আইসোবিউটেন)

উপরি-উক্ত উদাহরণে কার্বন পরমাণু অন্য পরমাণুর সহিত কেবলমাত্র একটি বন্ধনের সাহায্যে যুক্ত। কিন্তু কার্বন পরমাণু অন্য পরমাণুর সহিত দুইটি বা তিনটি বন্ধনের সাহায্যেও সংযুক্ত থাকিতে পারে ;

যেমন, $O=C=O$ (কার্বন ডাই-অক্সাইড) $H—C\equiv N$ (হাইড্রোজেন সায়ানাইড)

1.4 কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেল

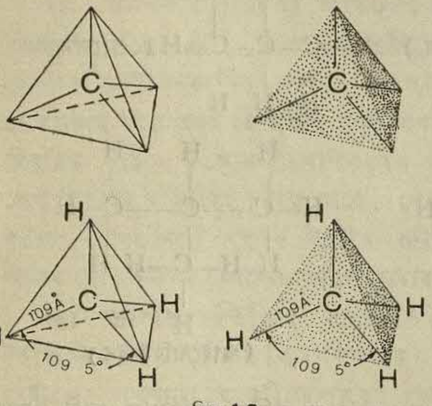
কেকুলে কার্বনের যোজ্যতা-সম্পর্কীয় সমস্যার সন্তোষজনক সমাধান করিতে পারিলেও তাঁহার প্রদত্ত মডেলের প্রধান দুর্বলতা এই যে, তাঁহার মডেল **সমতলীয়,** অর্থাৎ তাঁহার মডেল অনুযায়ী কার্বন পরমাণুর চারটি বন্ধন 90° কোণের ব্যবধানে একই সমতলে অবস্থান করে। কিন্তু তাঁহার মডেল সঠিক হইলে দুইটি সমাবয়বী

মিথিলিন ক্লোরাইড  এবং  পাওয়া যাইত।

ইহাদের একটির মধ্যে দুইটি ক্লোরিন পরমাণু বিপরীত দুই বন্ধনে এবং অপরটির মধ্যে পাশাপাশি দুই বন্ধনে সংযুক্ত। কিন্তু বাস্তবে এইরূপ দুইটি সমাবয়বী মিথিলিন ক্লোরাইডের অস্তিত্ব নাই।

এই সমস্যার সমাধানের জন্য বিজ্ঞানী ভ্যাণ্ট হফ ও লা বেল অনুমান করিলেন, কার্বনের চারিটি যোজ্যতা বন্ধন একই সমতলে অবস্থান করে না। উহাদের সাহায্যে

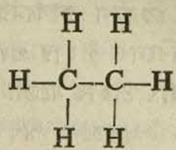
একটি ত্রিমাত্রিক চতুস্তলকীয় মডেল নির্মাণ করা যায় ; অর্থাৎ একটি কাল্পনিক সুষম চতুস্তলকের (Regular tetrahedron) কেন্দ্রবিন্দুতে কার্বন পরমাণুর অবস্থান ধরিয়া লইলে উহার চারিটি যোজ্যতা বন্ধন চতুস্তলকটির চারিটি শীর্ষবিন্দু অভিমুখে প্রসারিত থাকে, অনুরূপ অবস্থায় কার্বনের যে-কোন একটি যোজ্যতা বন্ধন অন্য তিনটি যোজ্যতা বন্ধনের প্রত্যেকটি হইতে একই নির্দিষ্ট কৌণিক ব্যবধানে অবস্থান করে, যাহার মান, ঘন জ্যামিতির সাহায্যে সহজেই প্রমাণ করা যায়, 109° 28′ (109 ডিগ্রী 28 মিনিট) বা প্রায় $109\frac{1}{2}°$ ডিগ্রী। চিত্র 1.2-তে কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেল ও মিথেনের গঠন প্রদর্শিত হইল। পরবর্তী কালে ডায়মণ্ডের এক্স-রশ্মি এবং অন্যান্য বহু পরীক্ষার সাহায্যে ভ্যান্ট হফ-লা বেল প্রদত্ত চতুস্তলকীয় মডেলের যাথার্থ্য প্রমাণিত হইয়াছে। তবে উপস্থাপনার সুবিধার জন্য কতগুলি বিশেষ ক্ষেত্র ব্যতীত অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সমতলীয় মডেল ব্যবহার করা হয়।

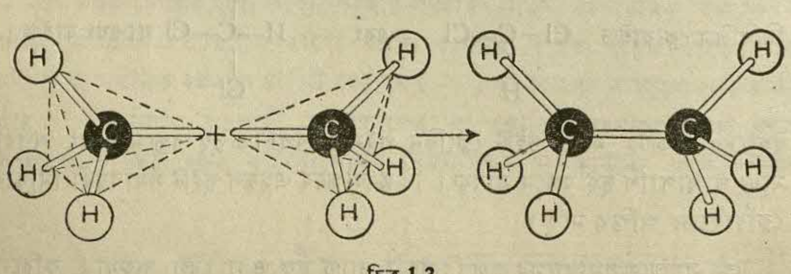


চিত্র 1.2

1.5 চতুস্তলকীয় মডেলের আলোকে কতগুলি জৈব যৌগের গঠন

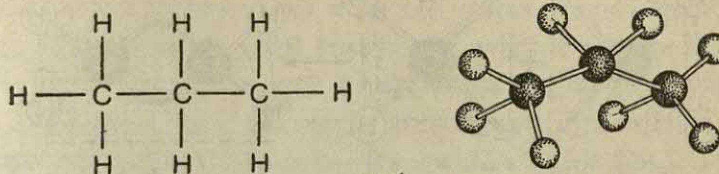
(a) কার্বন-কার্বন একবন্ধনযুক্ত যৌগ : একবন্ধনের সাহায্যে দুইটি কার্বন পরমাণু যুক্ত হইয়াছে এমন সরলতম যৌগের উদাহরণ ইথেন (C_2H_6) যাহার সমতলীয় মডেল পার্শ্বে প্রদর্শিত হইল। কিন্তু ইথেনের প্রকৃত গঠন ত্রিমাত্রিক, যাহা দুইটি কার্বন চতুস্তলকের একটি করিয়া শীর্ষবিন্দুর সংযোগে গঠিত হয় (চিত্র 1.3)।



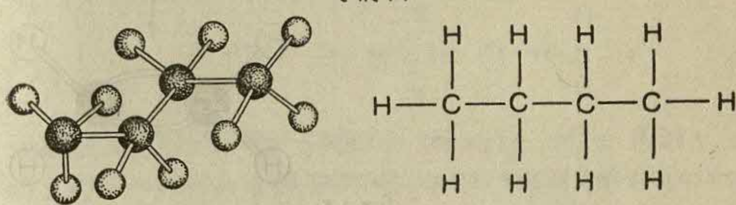


চিত্র 1.3

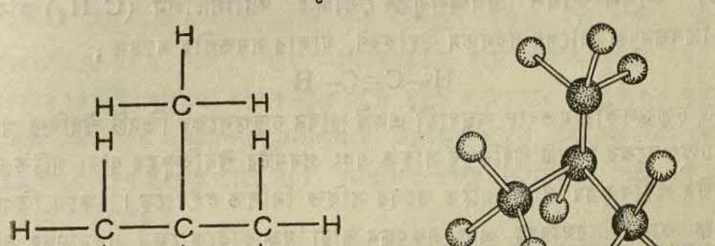
একবন্ধনযুক্ত দুইয়ের অধিক সংখ্যক কার্বন পরমাণুতে গঠিত কতগুলি যৌগের সমতলীয় ও ত্রিমাত্রিক মডেল নিম্নে প্রদর্শিত হইল :



প্রোপেন



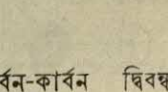
n – বিউটেন



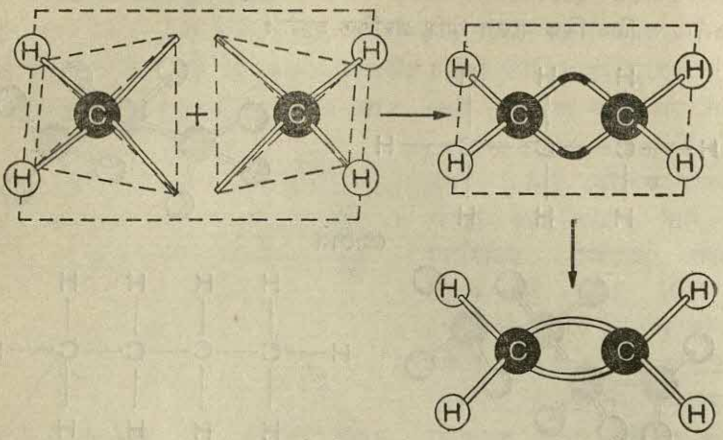
আইসোবিউটেন

চিত্র 1.4

(b) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনযুক্ত যৌগ : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনযুক্ত সরলতম যৌগ ইথিলিন (C_2H_4) যাহার সমতলীয় মডেল পার্শ্বে প্রদর্শিত হইল।



চতুস্তলকীয় মতবাদ অনুযায়ী ইথিলিন উৎপত্তির সময়ে একটি কার্বন চতুস্তলকের দুইটি শীর্ষবিন্দু অপর কার্বন চতুস্তলকের দুইটি শীর্ষবিন্দুর সহিত এবং প্রথমটির শীর্ষ-বিন্দুদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা (অর্থাৎ প্রথম চতুস্তলকের একটি প্রান্ত বা edge) দ্বিতীয়টির শীর্ষবিন্দুদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখার (অর্থাৎ দ্বিতীয় চতুস্তলকের একটি প্রান্তের) সহিত মিলিত হয়। ফলে দ্বিবন্ধন দ্বারা যুক্ত কার্বন পরমাণুদ্বয় ও একবন্ধন দ্বারা যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি একই সমতলে অবস্থান করে এবং দুইটি এক বন্ধনের মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধানের অথবা একবন্ধন ও দ্বিবন্ধনের মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধানের মান 120° হয় (চিত্র 1.5)।

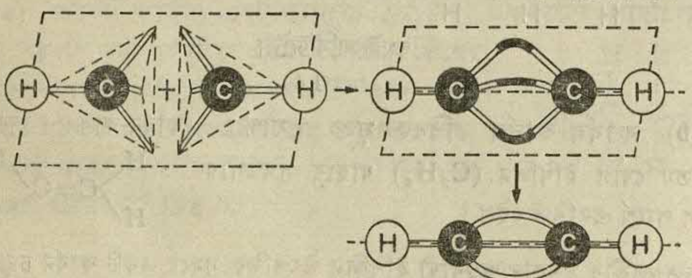


চিত্র 1.5

(c) কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনযুক্ত যৌগ : অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনযুক্ত যৌগের সরলতম উদাহরণ, যাহার সমতলীয় মডেল ;

$$H—C\equiv C—H$$

এক্ষেত্রে চতুস্তলকীয় মতবাদ অনুযায়ী একটি কার্বন চতুস্তলকের তিনটি শীর্ষবিন্দু অপর কার্বন চতুস্তলকের তিনটি শীর্ষবিন্দুর সহিত এবং প্রথমটির শীর্ষবিন্দুত্রয় দ্বারা গঠিত তল দ্বিতীয়টির শীর্ষবিন্দুত্রয় দ্বারা গঠিত তলের সহিত মিলিত হইয়াছে। ফলে ত্রিবন্ধন দ্বারা যুক্ত কার্বন পরমাণুদ্বয় এবং একবন্ধন দ্বারা যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুদ্বয় একই সরলরেখায় অবস্থান করে, অর্থাৎ একবন্ধন ও ত্রিবন্ধনের মধ্যবর্তী কোণের মান 180°।

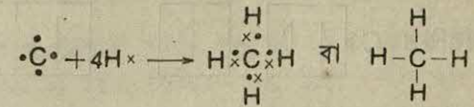


চিত্র 1.6

1.6 চতুস্তলকীয় মডেলের তত্ত্বগত ভিত্তি

লিউইসের তত্ত্ব : ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের সাহায্যে লিউইস 1916 খ্রীস্টাব্দে কার্বনের সমযোজ্যতাকে ব্যাখ্যা করেন। কার্বনের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$, $2s^2$, $2p^2$; অর্থাৎ ইহার সর্ববহিঃস্থ স্তরে বা যোজ্যতা স্তরে চারিটি ইলেকট্রন, যাহা হিলিয়াম অপেক্ষা 4 অধিক এবং নিয়ন অপেক্ষা 4 কম। এই বিরাট পার্থক্যের জন্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করার উদ্দেশ্যে ইলেকট্রন গ্রহণ বা

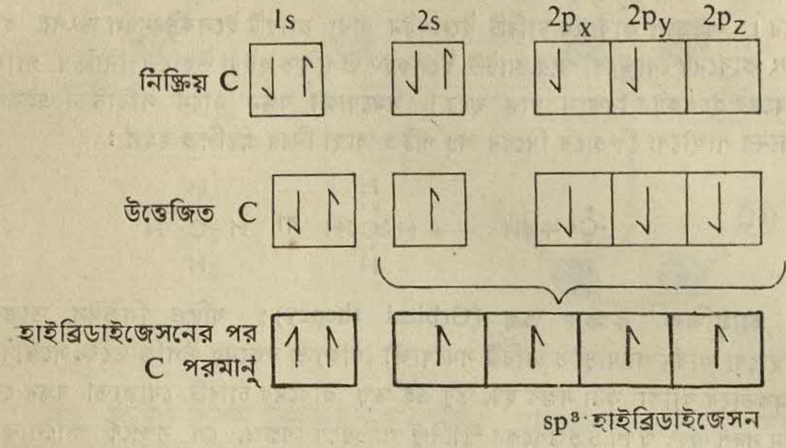
বর্জনের প্রবণতা কার্বনের ক্ষেত্রে দেখিতে পাওয়া যায় না। কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন অন্য পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রনের সহিত মিলিতভাবে ইলেকট্রনযুগল সৃষ্টি করিয়া এই উভয়ের যোজ্যতা স্তরেই বিরাজ করে। এইরূপে কার্বনের চারিটি ইলেকট্রন দ্বারা চারিটি ইলেকট্রনযুগল উৎপন্ন হয় এবং কার্বনের যোজ্যতা স্তরে আটটি ইলেকট্রন উপস্থিত হইয়া উহাকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস দান করে। সমযোজী বন্ধন নামে পরিচিত এইরূপ বন্ধনের সাহায্যে কিভাবে মিথেন অণু গঠিত তাহা নিম্নে প্রদর্শিত হইল :



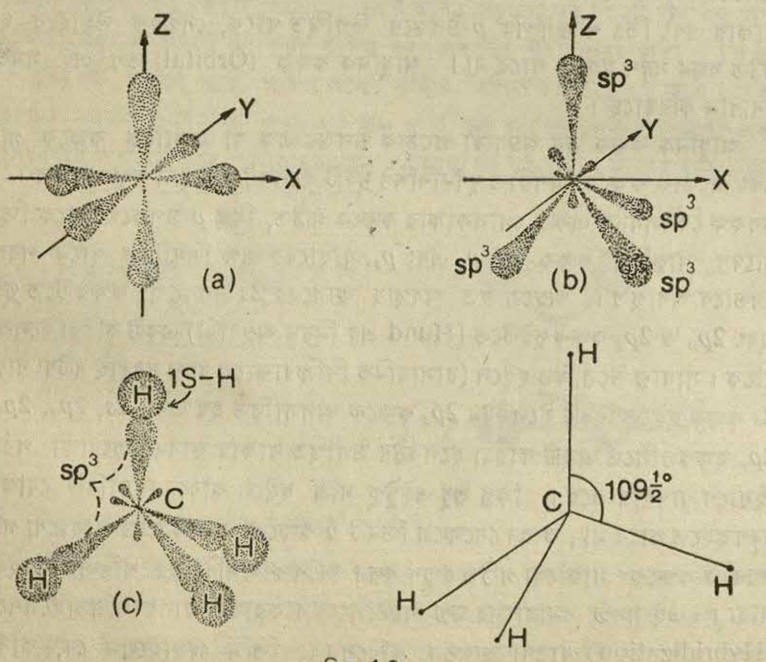
আধুনিক কক্ষক তত্ত্ব (Orbital theory) : যদিও লিউইস তত্ত্বের সাহায্যে কার্বন পরমাণুতে চারিটি সমযোজী যোজ্যতা বন্ধনের উপস্থিতিকে সন্তোষ-জনকভাবে ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়, তবু এই তত্ত্ব কার্বনের চারিটি যোজ্যতা বন্ধন-যে কেন সদৃশ এবং সুষম চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দু অভিমুখে বিন্যস্ত, সে সম্পর্কে আলোক-পাত করিতে পারে নাই। বরং আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতে পারে যে, যেহেতু কার্বনের চারিটি যোজ্যতা ইলেকট্রনের মধ্যে দুইটি *s*-উপস্তরে এবং অপর দুইটি ভিন্ন আকার এবং ভিন্ন শক্তিসম্পন্ন *p*-উপস্তরে উপস্থিত থাকে, সেইজন্য উহাদের দ্বারা গঠিত বন্ধন সদৃশ হইতে পারে না। আধুনিক কক্ষক (Orbital) তত্ত্ব এই সমস্যার সমাধান করিয়াছে।

আধুনিক কক্ষক তত্ত্ব অনুযায়ী প্রত্যেক উপস্তর এক বা একাধিক কক্ষকে গঠিত এবং প্রত্যেক কক্ষকে বিপরীত ঘূর্ণনবিশিষ্ট দুইটি ইলেকট্রনের স্থান সঙ্কুলান হয়। *s*-উপকক্ষ কেবলমাত্র একটি গোলকাকার কক্ষকে গঠিত, কিন্তু *p*-উপকক্ষে থাকে তিনটি ডাম্বেল আকৃতির কক্ষক p_x, p_y এবং p_z, যাহাদের অক্ষ ত্রিমাত্রিক স্থানে পরস্পর লম্বভাবে অবস্থিত। অনুত্তেজিত অবস্থায় কার্বনের $2s$ উপকক্ষের কক্ষকটিতে দুইটি এবং $2p_x$ ও $2p_y$ কক্ষক দুইটিতে (Hund-এর নিয়ম অনুযায়ী) একটি করিয়া ইলেকট্রন থাকে। সামান্য উত্তেজিত হইলে (রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে যাহা সর্বদাই ঘটিয়া থাকে) $2s$ কক্ষক হইতে একটি ইলেকট্রন $2p_z$ কক্ষকে অপসারিত হয় এবং $2s$, $2p_x$, $2p_y$ ও $2p_z$ কক্ষকগুলিতে একটি করিয়া ইলেকট্রন উপস্থিত থাকায় কার্বন চতুর্যোজী পরমাণু হিসাবে ব্যবহার করে। কিন্তু শুধু এইটুকু মাত্র হইলে কার্বনের চারিটি যোজ্যতা সদৃশ হইতে পারে না; কারণ সেক্ষেত্রে তিনটি *p*-কক্ষকের ইলেকট্রনের সাহায্যে গঠিত বন্ধন, *s*-কক্ষকের সাহায্যে গঠিত চতুর্থ বন্ধন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী হইতে বাধ্য। এই সমস্যা সমাধানের জন্য পাউলিং 'সংকরায়ন বা হাইব্রিডাইজেশনে'র (Hybridization) ধারণা প্রবর্তন করিলেন। তিনি দেখাইলেন যে, কার্বনের যোজ্যতা স্তরের চারিটি ইলেকট্রন পারস্পরিক প্রভাবে নিজেদের কক্ষকের আকৃতি বিকৃত করিয়া চারিটি সম্পূর্ণ সমাকৃতি sp^3—সংকর কক্ষক (sp^3—hybrid orbital)

উৎপন্ন করিতে পারে, যে সংকর কক্ষকগুলি সুষম চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দু অভিমুখে বিন্যস্ত (চিত্র 1.7 এবং 1.8) ।



চিত্র 1.7



চিত্র 1.8

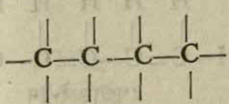
(a) কার্বনের তিনটি *p* কক্ষক ; (b) কার্বনের চারিটি সমাকৃতি sp^3-সংকর কক্ষক ; (c) হাইড্রোজেনের 1*s* কক্ষকের সহিত কার্বনের সংকর কক্ষকের অধিক্রমণ এবং মিথেনের উৎপত্তি ।

1.7 জৈব যৌগের গঠন ভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ

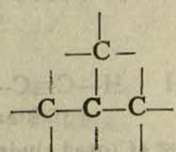
(i) মুক্ত শৃঙ্খল এবং বলয় গঠন (Open chain and ring structure) :
ক্যাটিনেশন ধর্ম প্রসঙ্গে পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত সমযোজী বন্ধনে যুক্ত হইয়া শৃঙ্খল গঠন করিতে পারে। এইরূপ সংযোগের ফলে সৃষ্ট শৃঙ্খলগুলির আকৃতি সর্বদা একই প্রকার হয় না। আকৃতিগত বিভিন্নতা অনুসারে শৃঙ্খলবদ্ধ কার্বন যৌগগুলি প্রধানত দুই প্রকার : (i) **মুক্ত শৃঙ্খল গঠনের** (Open chain structure) এবং (ii) **বদ্ধ শৃঙ্খল, বৃত্তীয় বা বলয় গঠনের** (closed chain, cyclic or ring structure)

(i) **মুক্ত শৃঙ্খল গঠন :** কার্বন শৃঙ্খলের দুই প্রান্তের কার্বন পরমাণু দুইটি যদি পরস্পর সংযুক্ত না হইয়া বিচ্ছিন্ন থাকে, তাহা হইলে তাহাকে মুক্ত শৃঙ্খল (Open chain) বলে। মুক্ত শৃঙ্খল কাঠামোযুক্ত জৈব যৌগকে মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ (Open chain organic compound) বলা হয়। প্রাকৃতিক তৈল ও স্নেহজাতীয় পদার্থের মধ্যে মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ উপস্থিত থাকে বলিয়া মুক্ত শৃঙ্খল যৌগকে স্নেহজ জৈব যৌগ বা অ্যালিফেটিক যৌগ (Aliphatic compound) নামেও সূচিত করা হয়। এই প্রকার যৌগকে অবৃত্তীয় যৌগ বা অ্যাসাইক্লিক (Acyclic) যৌগও বলে।

মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ আবার দুই প্রকার হইতে পারে : (ক) সরল মুক্ত শৃঙ্খল (Straight open chain) এবং শাখাযুক্ত মুক্ত শৃঙ্খল (Branched open chain) :

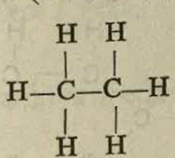


4টি C-পরমাণুর সরল মুক্ত শৃঙ্খল

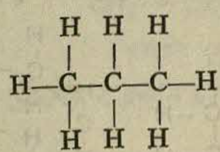


4টি C-পরমাণুর শাখাযুক্ত মুক্ত শৃঙ্খল

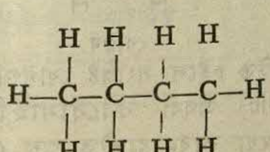
সরল মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ :



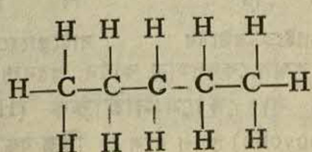
ইথেন



প্রোপেন

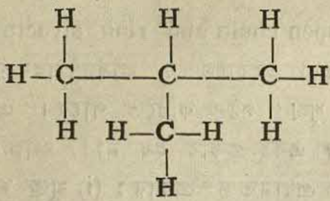


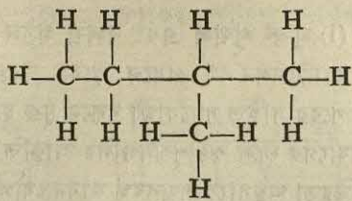
নর্মাল বিউটেন

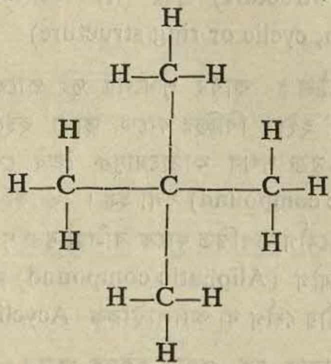


নর্মাল পেন্টেন

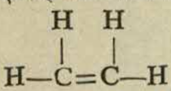
শাখাযুক্ত মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ :

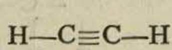

আইসো বিউটেন

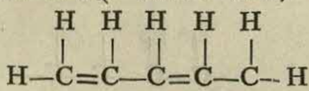

আইসো পেন্টেন


নিয়ো পেন্টেন

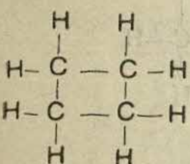
মুক্ত শৃঙ্খল যৌগে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণুও থাকিতে পারে ;

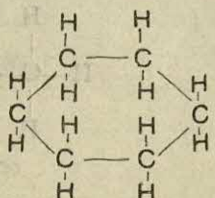

ইথিলিন

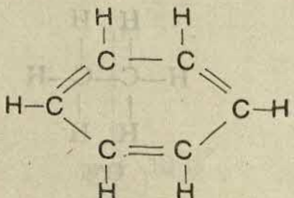

অ্যাসিটিলিন


পেন্টাডাই-ইন

(ii) **বদ্ধ শৃঙ্খল (Closed chain), বৃত্তীয় (Cyclic) বা বলয় (Ring) গঠন :** কার্বন শৃঙ্খলের দুই প্রান্তের পরমাণু দুইটি পরস্পর সংযুক্ত হইয়া গেলে উহাকে বদ্ধ শৃঙ্খল, বৃত্তীয় বা বলয় গঠন বলা হয়। এইরূপ কার্বন কাঠামোযুক্ত জৈব যৌগগুলিকে **বদ্ধ শৃঙ্খল যৌগ, বৃত্তীয় যৌগ** অথবা **বলয় যৌগ** বলে। যেমন,

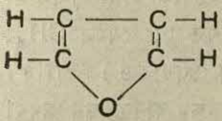

সাইক্লোবিউটেন

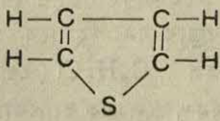

সাইক্লোহেক্সেন

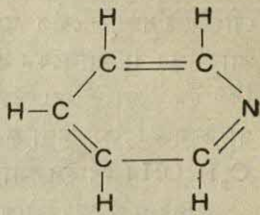

বেঞ্জিন

বদ্ধ শৃঙ্খল কেবলমাত্র কার্বন পরমাণু দ্বারা গঠিত হইলে সংশ্লিষ্ট যৌগগুলিকে **সমচক্র বা হোমোসাইক্লিক** (Homocyclic) অথবা **কার্বোসাইক্লিক** (Carbocyclic) যৌগ বলে। কিন্তু বদ্ধ শৃঙ্খলের মধ্যে কার্বন ব্যতীত অন্য কোন মৌলের পরমাণু উপস্থিত থাকিলে উহাকে **অসমচক্র বা হেটেরোসাইক্লিক**

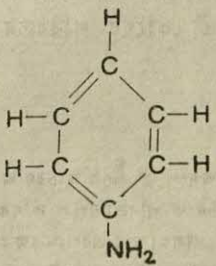
(Heterocyclic) যৌগ বলা হয়। উপরে প্রদত্ত বদ্ধ শৃঙ্খল যৌগের উদাহরণগুলির সবকটিই সমচক্র যৌগ। অসমচক্র যৌগের উদাহরণ নিম্নরূপ :

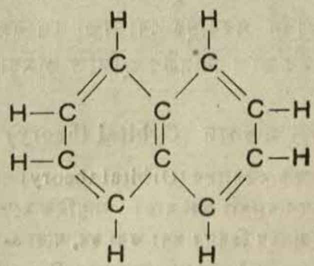

ফিউরান


থায়োফিন

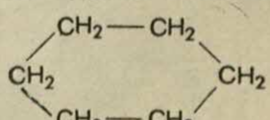

পিরিডিন

সমচক্র বা কার্বোসাইক্লিক যৌগগুলিকে আবার দুইটি শাখায় বিভক্ত করা হইয়াছে ; **অ্যালিসাইক্লিক** (Alicyclic) যৌগ এবং **অ্যারোমেটিক** (Aromatic) বা সুরভিকেন্দ্রিক যৌগ (aroma=গন্ধ) অ্যারোমেটিক যৌগগুলির মধ্যে কার্বন পরমাণুগুলি পর্যায়ক্রমে পরস্পর পরিবর্তনশীল একবন্ধন ও দ্বিবন্ধনের সাহায্যে সুষম ষড়ভুজ গঠন করিয়া অস্বাভাবিক সুস্থিত যৌগ গঠন করে। যেমন,


অ্যানিলিন


ন্যাপথালিন

সব অ্যারোমেটিক যৌগকেই বেঞ্জিন হইতে উদ্ভূত মনে করা যায়। অ্যারোমেটিক যৌগ ব্যতীত অন্য সব কার্বোসাইক্লিক যৌগকে অ্যালি-সাইক্লিক যৌগ বলে। যেমন,


সাইক্লোহেক্সেন

1.8 কার্বন কাঠামোর গঠনভিত্তিক জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ

- জৈব যৌগ
  - মুক্ত শৃঙ্খল বা অ্যাসাইক্লিক
    - সরল মুক্ত শৃঙ্খল
    - শাখাযুক্ত মুক্ত শৃঙ্খল
  - বদ্ধ শৃঙ্খল বা বলয় যৌগ
    - কার্বোসাইক্লিক বা হোমোসাইক্লিক যৌগ
      - অ্যারোমেটিক যৌগ
      - অ্যালিসাইক্লিক যৌগ
    - হেটেরোসাইক্লিক যৌগ

1.9 সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগ / অসম্পৃক্তির কারণ

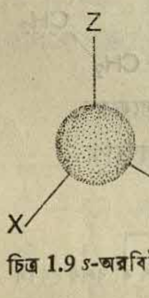
জৈব যৌগের কার্বন শৃঙ্খল শুধুমাত্র এক বন্ধনের সাহায্যে গঠিত হইয়া থাকিলে যৌগটিকে সম্পৃক্ত যৌগ বলে। এই প্রকার যৌগের কার্বন কাঠামো খুব সুস্থিত। প্যারাফিন বা অ্যালকেন সারির হাইড্রোকার্বনগুলি, যেমন মিথেন, ইথেন, প্রোপেন বিউটেন ইত্যাদি এবং উহাদের জাতকসমূহ সম্পৃক্ত যৌগ (মিথেনে কার্বন শৃঙ্খল না থাকিলেও উহা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন হিসাবে পরিগণিত); যেমন CH_4, C_2H_5OH (ইথাইল অ্যালকোহল), C_3H_7Cl (প্রোপাইল ক্লোরাইড) ইত্যাদি।

অপরপক্ষে জৈব যৌগের কার্বন শৃঙ্খলে এক বা একাধিক দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন অথবা উভয়ই থাকিলে যৌগটিকে অসম্পৃক্ত যৌগ বলা হয়। অসম্পৃক্ত যৌগের সুস্থিতি কম। এগুলি খুবই সক্রিয় এবং বহু বিক্রিয়কের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া যুত-যৌগ (Addition compound) গঠন করে। যেমন $H_2C=CH_2$ (ইথিলিন), $HC\equiv CH$ (অ্যাসিটিলিন); $CH_3C\equiv CH$ (মিথাইল অ্যাসিটিলিন), $H_2C=HC-CH=CH_2$ (বিউটাডাই-ইন) ইত্যাদি।

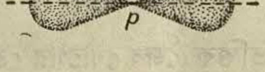
কার্বনের যোজ্যতার চতুস্তলকীয় মডেল অনুসারে ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিন অণু গঠনকালে কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা বন্ধনের মধ্যবর্তী কোণের পরিবর্তন হয় এবং এই পরিবর্তনের ফলে যৌগটির সুস্থিতি কমিয়া যায়।

1.10 কক্ষক মতবাদ (Orbital theory)

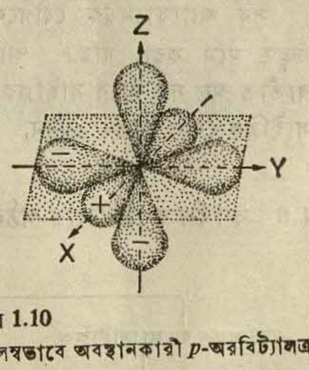
আধুনিক কক্ষক মতবাদের (Orbital theory) সাহায্যে অসম্পৃক্ত অণুর আচরণ আরো বেশি সন্তোষজনকভাবে ব্যাখ্যা করা যায়। আধুনিক মতে ইলেকট্রনকে পরিভ্রমণশীল কণিকা হিসাবে কল্পনা না করিয়া মেঘ হিসাবে গণ্য করা হয়, যাহা s-কক্ষকে গোলকাকার এবং p-কক্ষক তিনটিতে (p_x, p_y এবং p_z তে) পরস্পর লম্বভাবে অবস্থিত ডাম্বেল আকৃতির আচ্ছাদন সৃষ্টি করিয়া বিস্তৃত থাকে (চিত্র 1.9 ও 1.10)। এই মত অনুযায়ী সমযোজী বন্ধন (Covalent bond) সৃষ্টির



চিত্র 1.9 s-অরবিট্যাল



p-অরবিট্যাল

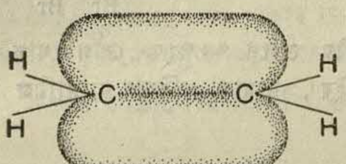


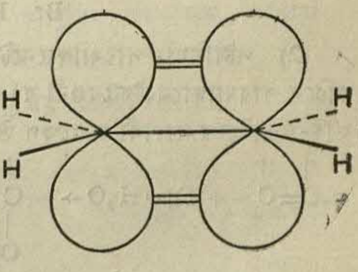
চিত্র 1.10

পরস্পর লম্বভাবে অবস্থানকারী p-অরবিট্যালত্রয়

কারণ, দুইটি বিভিন্ন পরমাণু কক্ষকে উপস্থিত ইলেকট্রন মেঘের অধিক্রমণ (Overlapping)। এই অধিক্রমণ ইলেকট্রন মেঘের সর্বাধিক বিস্তৃতির অভিমুখে (অর্থাৎ মুখোমুখি) হইলে উহাকে σ (সিগমা)-বন্ধন এবং সর্বাধিক বিস্তৃতির লম্ব অভিমুখে (অর্থাৎ পাশাপাশি) হইলে π (পাই)-বন্ধন বলা হয়।

চতুস্তলকীয় মডেলের তত্ত্বগত ভিত্তি প্রসঙ্গে পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে, উত্তেজিত অবস্থায় কার্বন পরমাণুর একটি 2s এবং তিনটি 2p-কক্ষক সংকরায়ন (Hybridization) ঘটাইয়া চারিটি সদৃশ, $109\frac{1}{2}°$ কোণিক দূরত্বে পৃথকীকৃত, sp^3-সংকর-কক্ষক (sp^3-hybrid-orbital) গঠন করিতে পারে। ইথেনের মত C-C একবন্ধনযুক্ত যৌগে, প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর চারিটি sp^3-সংকর-কক্ষকের মধ্যে একটি, অপর কার্বন পরমাণুর অনুরূপ কক্ষকের সহিত এবং অবশিষ্ট তিনটি, হাইড্রোজেন পরমাণুর s-কক্ষকের সহিত মুখোমুখি অধিক্রমণ ঘটাইয়া সর্বমোট সাতটি σ-বন্ধন সৃষ্টি করে। এইরূপ মুখোমুখি অধিক্রমণে অধিক্রমণের পরিমাণ অধিক হওয়ায় σ-বন্ধন খুব দৃঢ় এবং ইথেন তুলনামূলকভাবে নিষ্ক্রিয়। কিন্তু অনেক সময় (যেমন ইথিলিন গঠনকালে) 2s-কক্ষক কেবলমাত্র দুইটি 2p-কক্ষকের ($2p_x$ এবং $2p_y$ এর) সহিত সংকরায়ন ঘটাইয়া তিনটি একই সমতলে 120° দূরত্বে অবস্থিত, সমতুল্য sp^2-সংকর কক্ষক উৎপন্ন করে এবং $2p_z$ কক্ষকটি অবিকৃত অবস্থায় সেই সমতলের সহিত লম্বভাবে অবস্থান করে। ইথিলিন গঠনকালে দুইটি কার্বন পরমাণুর একটি করিয়া sp^2-সংকর পারমাণবিক কক্ষক মুখোমুখি অধিক্রমণ ঘটাইয়া কার্বন কেন্দ্রকদ্বয়ের মধ্যে একটি σ-বন্ধন প্রতিষ্ঠা করে এবং প্রতি কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট দুইটি অনুরূপ সংকর কক্ষক ও হাইড্রোজেন কক্ষকের মুখোমুখি অধিক্রমণে আরো চারিটি σ-বন্ধন উৎপন্ন হয়। এখন ছয়টি পরমাণুই একই সমতলে অবস্থান করিলে, ঐ তলের উপর লম্বভাবে অবস্থিত অবশিষ্ট বিশুদ্ধ $2p_z$-কক্ষক দুইটির পাশাপাশি অধিক্রমণের সুযোগ ঘটে এবং তাহার ফলে π-বন্ধন নামে পরিচিত দুর্বলতর আর এক প্রকার বন্ধন প্রতিষ্ঠিত হয়। π-বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের কম অধিক্রমণ হয় বলিয়া, ইহা σ-বন্ধন অপেক্ষা দুর্বলতর এবং সহজেই ছিন্ন হইয়া যুতযৌগ গঠন করিতে পারে। বস্তুত ইথিলিনের অধিকাংশ বিক্রিয়ায় কেবলমাত্র π-বন্ধন ছিন্ন হয়, কিন্তু σ-বন্ধন অটুট থাকে। (চিত্র 1.11)



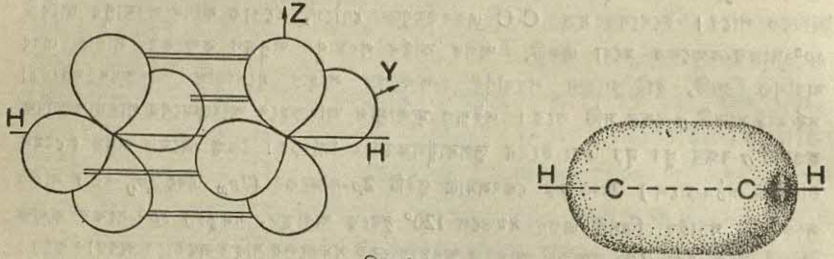


চিত্র 1.11

স্পষ্টত ইথিলিন অণুর মধ্যে চারিটি হাইড্রোজেন এবং দুইটি কার্বন পরমাণু একমাত্র একই সমতলে অবস্থান করিলেই $2p_z$ কক্ষকদ্বয়ের পাশাপাশি অধিক্রমণের সুযোগ ঘটে। সেইজন্য ইথিলিন অণুর গঠন সামতলিক।

আবার অ্যাসিটিলিনের মত ত্রিবন্ধনযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে কার্বনের 2s কক্ষক $2p_x$ কক্ষকের সহিত সংকরায়িত হইয়া দুইটি sp-সংকর-কক্ষক উৎপন্ন করে, যাহারা একই সরলরেখার উপর বিপরীত অভিমুখে (অর্থাৎ 180° দূরত্বে) বিন্যস্ত থাকে। অবশিষ্ট $2p_y$ এবং $2p_z$ কক্ষকদ্বয় অবিকৃত অবস্থায় পরস্পরের সহিত এবং sp সংকর কক্ষকদ্বয়ের সহিত লম্বভাবে অবস্থান করে। অ্যাসিটিলিন অণু গঠনকালে প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর একটি sp-সংকর কক্ষক অন্য কার্বন পরমাণুর sp-সংকর কক্ষকের সহিত এবং দ্বিতীয় sp-সংকর-কক্ষক হাইড্রোজেন পরমাণুর s-কক্ষকের সহিত মুখোমুখি অধিক্রমণ ঘটাইয়া σ-বন্ধন উৎপন্ন করে। একমাত্র দুইটি কার্বন ও দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সরলরেখায় অবস্থান করিলে, দুইটি $2p_y$ কক্ষক এবং দুইটি $2p_z$ কক্ষক

পাশাপাশি অধিক্রমণ ঘটাইয়া আরো দুইটি π-বন্ধন গঠন করিতে পারে। এইজন্য অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন সরলরৈখিক। (চিত্র 1.12) আবার অ্যাসিটিলিন অণুতে দুইটি কার্বনের মধ্যে একটি σ-



চিত্র 1.12

বন্ধন এবং দুইটি দুর্বলতর π-বন্ধন উপস্থিত থাকে বলিয়া ইহা খুবই সক্রিয় এবং সহজেই π-বন্ধনগুলি ছিন্ন হইয়া প্রথমে অ্যালকিন ও পরে অ্যালকেন উৎপন্ন করে।

1.11 অসম্পৃক্ততার পরীক্ষা ঃ

(1) ব্রোমিনকে কার্বনটেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত করিয়া অসম্পৃক্ত যৌগ যোগ করিলে ব্রোমিনের লাল রঙ অন্তর্হিত হয় ;

$$>C=C< + Br_2 \rightarrow -\underset{Br}{\overset{|}{C}}-\underset{Br}{\overset{|}{C}}- \;;\quad -C\equiv C- + 2Br_2 \rightarrow -\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-$$

(2) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু ক্ষারীয় দ্রবণে অসম্পৃক্ত যৌগ যোগ করিলে পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনী বর্ণ অন্তর্হিত হইয়া, সামান্য পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$$>C=C< + [O] + H_2O \rightarrow -\underset{OH}{\overset{|}{C}}-\underset{OH}{\overset{|}{C}}- \;;\quad -C\equiv C- + 2[O] \rightarrow -\underset{O}{\overset{}{\underset{\|}{C}}}-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-$$

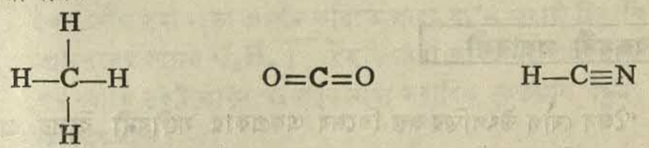
সার-সংক্ষেপ

জৈব পদার্থ নামে পরিচিত সকল পদার্থের মধ্যেই কার্বন আছে এবং অধিকাংশ ক্ষেত্রেই জৈব পদার্থে হাইড্রোজেন উপস্থিত থাকিতে দেখা যায়। পূর্বে মনে করা হইত যে জৈব যৌগ উৎপত্তির জন্য বিশেষ একপ্রকার সঞ্জীবনী বলের (vital force) প্রয়োজন, যাহার কেবল জীবদেহেই অস্তিত্ব আছে। কিন্তু বর্তমানে সন্দেহাতীতরূপে প্রমাণিত হইয়াছে যে কোনরূপ সঞ্জীবনী বল ব্যতীতই সরলতর উৎস হইতে জৈব যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব।

জৈব যৌগের বৈশিষ্ট্য ঃ (1) অল্পসংখ্যক মৌলের সহিত সংযুক্তিতে অসংখ্য যৌগ গঠন। (2) ক্যাটিনেশন, অর্থাৎ কার্বন পরমাণুর পরস্পর সংযুক্ত

হইয়া জটিল গঠনের শৃঙ্খল তৈয়ারী করিবার ক্ষমতা। (3) কার্বনের সর্বদা চতুর্যোজী মৌল হিসাবে সমযোজী যৌগ গঠনের ক্ষমতা এবং জৈব যৌগের জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হইবার প্রবণতা। (4) বহুবিধ বিচিত্র গঠনের যৌগ সৃষ্টির ক্ষমতা। (5) সমাবয়বতা, অর্থাৎ বিভিন্ন ধর্মযুক্ত একাধিক জৈব যৌগের একই আণবিক সঙ্কেত থাকিবার সম্ভাব্যতা। (6) জৈব যৌগগুলিকে কতগুলি একই কার্যকরীমূলকযুক্ত সমগণীয় সারিতে শ্রেণীবিভক্ত করার সম্ভাব্যতা। (7) তাপীয় অস্থিতি।

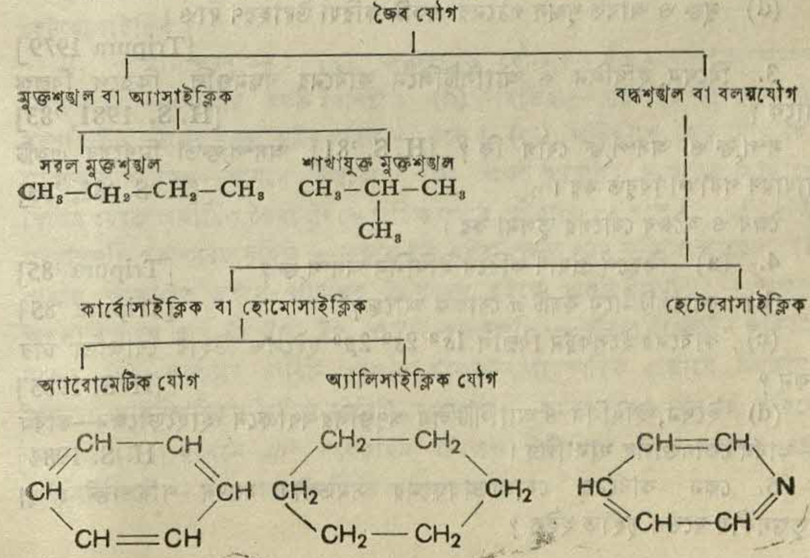
কার্বনের যোজ্যতা ও উহার বৈশিষ্ট্য : কার্বনের চারিটি যোজ্যতা চারিটি রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টি করে যেগুলিকে চারিটি রেখাংশ বা ড্যাসের সাহায্যে সূচিত করা যায়।



মিথেন কার্বন ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন সায়ানাইড

কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেল : কার্বনের চারিটি যোজ্যতাবন্ধন একই সমতলে অবস্থিত নয়। একটি কাল্পনিক সুষম চতুস্তলকের কেন্দ্রবিন্দুতে কার্বন পরমাণুর অবস্থান ধরিয়া লইলে উহার চারিটি যোজ্যতা বন্ধন চতুস্তলকটির চারিটি শীর্ষবিন্দু অভিমুখে প্রসারিত থাকে। এই যোজ্যতাবন্ধনগুলির যে-কোন দুইটির মধ্যকার কৌণিক দূরত্ব অভিন্ন এবং তাহার মান 109°28′। আধুনিক কক্ষক তত্ত্ব orbital theory) কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের তত্ত্বগত ভিত্তি সুপ্রতিষ্ঠিত করিয়াছে।

কার্বন কাঠামোর গঠনভিত্তিক জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ :



সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগ : জৈব যৌগের কার্বনশৃঙ্খল শুধুমাত্র এক-বন্ধনের সাহায্যে গঠিত হইয়া থাকিলে উহাকে সম্পৃক্ত যৌগ বলে। কিন্তু এক বা একাধিক দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন কার্বনশৃঙ্খলে উপস্থিত থাকিলে যৌগটিকে অসম্পৃক্ত যৌগ বলে। সম্পৃক্ত যৌগের তুলনায় অসম্পৃক্ত যৌগের সুস্থিতি কম, সক্রিয়তা বেশি এবং উহারা যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে।

অসম্পৃক্ততার পরীক্ষা : কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত ব্রোমিন দ্রবণের মধ্যে অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু ক্ষারীয় দ্রবণের মধ্যে অসম্পৃক্ত যৌগ যোগ করিলে দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. "জৈব যৌগ উৎপত্তির জন্য বিশেষ একপ্রকার সঞ্জীবনী বলের প্রয়োজন" এই তত্ত্ব কেন পরিত্যক্ত হইল?

জৈব যৌগসমূহের মধ্যে কি কি বৈশিষ্ট্য দেখিতে পাওয়া যায়? অ্যারোমেটিক ও অ্যালিসাইক্লিক যৌগের গঠনপার্থক্য দুইটি করিয়া উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

2. (a) কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। [H. S. 1978]

(b) মিথেন অণুর **H—C—H** কোণ, ইথিলিন অণুর **H—C=C** কোণ ও অ্যাসিটিলিন অণুর **H—C≡C** কোণের মান কত? [H. S. 1978]

(c) সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগের পার্থক্য উদাহরণ দ্বারা দেখাও। [Tripura 1979]

(d) মুক্ত ও আবদ্ধ শৃঙ্খল গঠনের একটি করিয়া উদাহরণ দাও। [Tripura 1979]

3. মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনে কার্বনের বন্ধনগুলি কিরূপে বিন্যস্ত থাকে? [H. S. 1981, '83]

সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগ কি? [H. S. '81] অসম্পৃক্ততা নির্ণয়ের একটি সাধারণ পরীক্ষা বিবৃত কর। [H. S. '81, '83]

জৈব ও অজৈব যৌগের তুলনা কর।

4. (a) কিরূপে প্রমাণ করিবে ইথিলিন অসম্পৃক্ত? [Tripura '85]

(b) অ্যাসিটিলিনে কয়টি π যোজক আছে? [Tripura '85]

(c) কার্বনের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ হইলেও উহার যোজ্যতা চার কেন? [H. S. 1985]

(d) ইথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন অণুগুলির যথাক্রমে হাইড্রোজেন—কার্বন—কার্বন কোণগুলির মান লিখ। [H. S. 1984]

5. কেন কার্বনের যোজ্যতাবন্ধনের সমতলীয় মডেল পরিত্যক্ত হইয়া চতুস্তলকীয় মডেল গৃহীত হইল?

চতুস্তলকীয় মডেলের তত্ত্বগত ভিত্তি-সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

6. (a) গঠনের ভিত্তিতে কিভাবে জৈব যৌগগুলিকে শ্রেণীবিভক্ত করা হইয়াছে? প্রত্যেক শ্রেণীর দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও।

(b) জৈব যৌগে C এবং H_2 এর অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করিবে?

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. (a) ক্যাটিনেশন কাহাকে বলে?

(b) "জৈবযৌগগুলিকে সহজেই কতগুলি সমগণীয় সারিতে শ্রেণীবিভক্ত করা যায়"—এই বক্তব্য কি সঠিক?

(c) "জৈব-যৌগ সমাবয়তা প্রদর্শন করিতে পারে না"—কথাটি ঠিক কি?

(d) প্রোপেনের সঙ্কেত C_3H_8। ইহার মধ্যে কার্বনের যোজ্যতা কত?

(e) জৈব যৌগে দুইটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে সর্বাধিক কতগুলি বন্ধন থাকিতে পারে? উদাহরণ দাও।

(f) কার্বনের চারিটি বন্ধনের যে-কোন দুইটির মধ্যে কৌণিক ব্যবধান কত?

(g) অসম্পৃক্ত যৌগ কাহাকে বলে? কি করিয়া অসম্পৃক্ততা পরীক্ষা করিবে? [H. S. 1981]

(h) কার্বনের চারিটি বন্ধনই সদৃশ কেন?

(i) মুক্তশৃঙ্খল ও বদ্ধশৃঙ্খল যৌগের মধ্যে গঠনগত পার্থক্য কি?

(j) হোমোসাইক্লিক ও হেটরোসাইক্লিক জৈবযৌগের মধ্যে গঠনগত পার্থক্য কি?

(k) অ্যারোমেটিক যৌগের গঠনগত বৈশিষ্ট্য কি? ইহা হোমোসাইক্লিক না হেটরোসাইক্লিক?

2. শূন্যস্থান পূরণ কর: (a) অল্পসংখ্যক মৌলের সহিত সংযুক্তিতে অসংখ্য যৌগ গঠন — যৌগের একটি বৈশিষ্ট্য। (b) বিভিন্ন — পরমাণুর পরস্পর সংযুক্ত হইয়া জটিল গঠনের শৃঙ্খল সৃষ্টির ধর্মকে — বলে। (c) অধিকাংশ জৈব যৌগ জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য কিন্তু—দ্রাবকে অদ্রাব্য। (d) একই আণবিক সঙ্কেতের সাহায্যে বিভিন্ন ধর্মযুক্ত একাধিক জৈবযৌগকে সূচিত করার ঘটনাকে — বলে। (e) কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত — বন্ধনে যুক্ত হইয়া শৃঙ্খল গঠন করিতে পারে। (f) সামান্য উত্তেজিত হইলে কার্বনের $2s$ কক্ষক হইতে একটি ইলেকট্রন — কক্ষকে অপসারিত হয় এবং $2s$, $2p_x$, $2p_y$, ও $2p_z$ কক্ষকগুলি — করিয়া ইলেকট্রন অধিকার করে। (g) কার্বনের চারিটি যোজ্যতা ইলেকট্রন পারস্পরিক প্রভাবে নিজেদের কক্ষকের আকৃতি বিকৃত করিয়া চারিটি সমাকৃতি — সংকর কক্ষক উৎপন্ন করিতে পারে। (h) ইথেনে sp^3 সংকরায়ন ঘটিলেও ইথিলিনে — সংকরায়ন এবং অ্যাসিটিলিনে — সংকরায়ন দেখিতে পাওয়া যায়।

জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ ও নামকরণ

CLASSIFICATION OF ORGANIC COMPOUNDS AND THEIR NOMENCLATURE

[Syllabus : Radicals and functional groups. Homologous series up to C_4. Classification & Nomenclature (old and modern) of open chain compounds upto C_4 chain. Structural isomerism.]

2.1 মূলক বা পরমাণু জোট (Radical or Group)

অনেক সময়ে যৌগ অণুর মধ্যে একাধিক মৌলের পরমাণু একত্রে সঙ্ঘবদ্ধ অবস্থায় থাকিয়া যৌগটির বহু বৈশিষ্ট্যসূচক ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে এবং বহুপ্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় অবিকৃত থাকিয়া একটিমাত্র পরমাণুর মত আচরণ করে। এইরূপ পরমাণু সমষ্টিকে মূলক বা পরমাণুজোট বলা হয়। জৈব রসায়নেও এই প্রকার বিভিন্ন মূলকের সাক্ষাৎ পাওয়া যায়। এইসব মূলককে সাধারণত দুইভাগে ভাগ করা হয়; (1) জৈব মূলক (Organic radical) এবং (2) কার্যকরী মূলক (Functional group)। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH) যৌগটির মধ্যে দুইটি মূলক আছে। প্রথমটি ইথাইল (C_2H_5) মূলক, একটি জৈব মূলক এবং শেষেরটি হাইড্রক্সিল (OH) মূলক, একটি কার্যকরী মূলক।

জৈব মূলক : অধিকাংশ জৈবমূলক হাইড্রোকার্বনের জাতক (Derivative)। হাইড্রোকার্বন হইতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু দূরীভবনের ফলে উদ্ভূত। নিম্নে কতগুলি হাইড্রোকার্বনের নাম ও সঙ্কেতের সহিত ঐগুলি হইতে এক পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারণের ফলে উদ্ভূত মূলকগুলির নাম ও সঙ্কেত প্রদত্ত হইল।

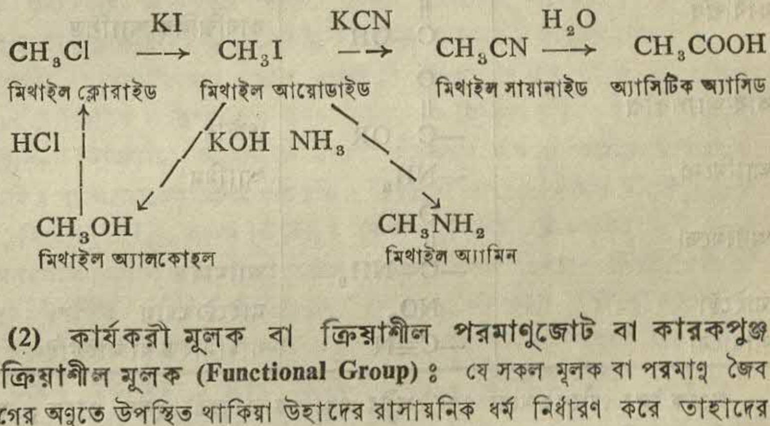
মূল হাইড্রোকার্বনের নাম ও সঙ্কেত	জৈব মূলকের সঙ্কেত	জৈব মূলকের নাম
মিথেন CH_4	CH_3—	মিথাইল
ইথেন C_2H_6 বা $CH_3.CH_3$	C_2H_5—বা $CH_3.CH_2$—	ইথাইল
প্রোপেন C_3H_8 বা $CH_3.CH_2.CH_3$	$CH_3.CH_2.CH_2$—	নর্মাল প্রোপাইল
বা $CH_3.CH_2$—(—CH_3)	$CH_3.CH$—(—CH_3)	আইসোপ্রোপাইল
বেঞ্জিন C_6H_6	C_6H_5—	ফিনাইল

তালিকা হইতে বুঝা যায় যে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (প্যারাফিন নামেও পরিচিত) মিথেন, ইথেন, প্রোপেন ইত্যাদি হইতে জাত একযোজী মূলকগুলির

নামকরণের সময় সংশ্লিষ্ট হাইড্রোকার্বনের নামের শেষাংশে—এন (ane)-এর পরিবর্তে—আইল (yl) বসানো হইয়াছে। সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলিকে সাধারণভাবে অ্যালকেন (Alkane) বলা হয়। সেইজন্য ঐগুলি হইতে জাতক একযোজী মূলকগুলি সাধারণভাবে অ্যালকিল (Alkyl) নামে পরিচিত। শেষোক্ত হাইড্রোকার্বন বেঞ্জিনের ক্ষেত্রে জাতক মূলকের নামে আমূল পরিবর্তন লক্ষণীয়। বেঞ্জিন এবং অনুরূপ অ্যারোমেটিক বৃত্তীয় হাইড্রোকার্বন হইতে জাত মূলকগুলিকে সাধারণভাবে অ্যারাইল (Aryl) মূলক বলে। সাধারণত অ্যালকিল মূলককে 'R' চিহ্ন দ্বারা এবং অ্যারাইল মূলককে 'Ar' চিহ্ন দ্বারা সূচিত করা হয়।

আবার অ্যালকেন হইতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত করিলে দ্বিযোজী জৈব মূলক উৎপন্ন হয়। এইরূপ মূলকের নামকরণের সময় হাইড্রোকার্বনের ইংরাজী নামের শেষাংশে—এন (ane)-এর পরিবর্তে—ইলিন (ylene) যুক্ত করা হয় যেমন ; মিথেন (CH_4) হইতে মিথিলিন ($—CH_2—$) ইথেন (C_2H_6) হইতে ইথিলিন ($—C_2H_4—$) ইত্যাদি।

জৈব মূলকগুলি যে বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় অপরিবর্তিত থাকে তাহা নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি হইতে স্পষ্ট বুঝা যায় ;



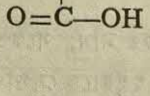
(2) কার্যকরী মূলক বা ক্রিয়াশীল পরমাণুজোট বা কারকপুঞ্জ বা ক্রিয়াশীল মূলক (Functional Group) ঃ যে সকল মূলক বা পরমাণু জৈব যৌগের অণুতে উপস্থিত থাকিয়া উহাদের রাসায়নিক ধর্ম নির্ধারণ করে তাহাদের ফাংশানাল গ্রুপ বা কার্যকরী মূলক বলে।

একই কার্যকরীমূলকযুক্ত বিভিন্ন জৈব যৌগের মূল রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন এবং তাহারা একই সমগণীয় সারির (Homologous series) অন্তর্ভুক্ত। অপরপক্ষে বিভিন্ন কার্যকরীমূলকযুক্ত জৈব যৌগের রাসায়নিক ধর্ম বিভিন্ন এবং তাহারা ভিন্ন ভিন্ন সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত।

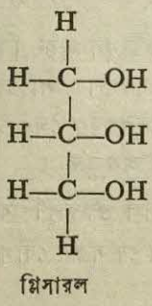
নিম্নে কতগুলি গুরুত্বপূর্ণ কার্যকরী মূলকের নাম, সঙ্কেত এবং অণুতে উহাদের উপস্থিতির ফলে যে সকল যৌগ শ্রেণী উৎপন্ন হইয়াছে সেগুলির নাম প্রদত্ত হইল।

কার্যকরী মূলকের নাম	কার্যকরী মূলকের গঠন সঙ্কেত	যৌগশ্রেণী
কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধ	>C=C<	ওলেফিন বা অ্যালকিন সারি
কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধ	—C≡C—	অ্যাসিটিলিন বা অ্যালকাইন সারি
হাইড্রক্সিল	—OH	অ্যালকোহল, ফেনল
কার্বনিল	>C=O	কার্বনিল যৌগ
অ্যালডিহাইডো (বা ফর্মাইল)	H—C=O	অ্যালডিহাইড
কিটো (বা অক্সো)	>C=O	কিটোন
অ্যালকক্সি	—OR	ইথার
কার্বক্সিল	—C(=O)—OH	কার্বক্সিলিক অ্যাসিড
কার্ব-অ্যালকক্সি	—C(=O)—OR	এস্টার
অ্যামিনো	$—NH_2$	অ্যামিন
অ্যামিডো	$—C(=O)—NH_2$	অ্যামাইড
নাইট্রো	$—NO_2$	নাইট্রো যৌগ
সায়ানো	—C≡N	সায়ানাইড বা নাইট্রাইল

অনেক জৈব যৌগের মধ্যে একই শ্রেণীর একাধিক কার্যকরী মূলক থাকে ; যেমন অক্সালিক অ্যাসিডে দুইটি কার্বক্সিল মূলক অথবা গ্লিসারলে তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক।



অক্সালিক অ্যাসিড



গ্লিসারল

আবার অনেক জৈব যৌগে একই সঙ্গে বিভিন্ন শ্রেণীর কার্যকরী মূলক থাকে এবং সেগুলি একই সঙ্গে সংশ্লিষ্ট সবকটি কার্যকরী মূলকের বৈশিষ্টসূচক ধর্ম প্রদর্শন করে; যেমন ল্যাকটিক অ্যাসিড $CH_3CH(OH)COOH$ একই সঙ্গে হাইড্রক্সিল ও কার্বক্সিল মূলকের ধর্ম; গ্লুকোজ $CH_2OH(CHOH)_4CHO$ একই সঙ্গে হাইড্রক্সিল ও অ্যালডিহাইডো মূলকের ধর্ম, ইত্যাদি।

2.2 জৈবযৌগের শ্রেণীবিভাগ :

জৈবযৌগগুলিকে উহাদের গঠন কাঠামো, রাসায়নিক ধর্ম এবং কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে কয়েকটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। জৈবযৌগগুলির গঠনভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ সম্পর্কে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। এখানে রাসায়নিক ধর্ম ও কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে গঠিত কতগুলি জৈব যৌগশ্রেণী সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত পরিচয় দেওয়া হইতেছে।

(1) হাইড্রোকার্বন : কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত **দ্বিমৌল** বা **যুগ্ম** (Binary) যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলে। হাইড্রোকার্বনকে গঠন কাঠামোর ভিত্তিতে মুক্তশৃঙ্খল ও বদ্ধশৃঙ্খল গোষ্ঠীতে; মুক্তশৃঙ্খল শাখাকে সরল ও শাখাযুক্ত উপগোষ্ঠীতে এবং বদ্ধশৃঙ্খল গোষ্ঠীকে অ্যারোমেটিক ও অ্যালিসাইক্লিক উপগোষ্ঠীতে বিভক্ত করা যায়, এ বিষয়ে আমরা পূর্বেই আলোচনা করিয়াছি। সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের গঠন বৈশিষ্ট্য সম্পর্কেও আলোচনা করা হইয়াছে।

সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে কোন কার্যকরী মূলক উপস্থিত থাকে না বলিয়া ইহাদের রাসায়নিক সক্রিয়তা খুব কম। বিয়োজন বিক্রিয়া ব্যতীত ইহারা শুধুমাত্র প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। মুক্তশৃঙ্খল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলি প্যারাফিন বা অ্যালকেন শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। ইহাদের সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+2}; যেমন, মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6), প্রোপেন (C_3H_8) ইত্যাদি।

অপরপক্ষে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে কার্যকরী মূলক হিসাবে দ্বিবন্ধন অথবা ত্রিবন্ধন উপস্থিত থাকে। দ্বিবন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত মুক্তশৃঙ্খল হাইড্রোকার্বনগুলি ওলেফিন বা অ্যালকিন শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। ইহারা বেশ সক্রিয়, সহজেই যুত যৌগ গঠন করে। ইহাদের সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n}; যেমন ইথিলিন (C_2H_4), প্রোপিলিন (C_3H_6), বিউটিলিন (C_4H_8) ইত্যাদি।

ত্রিবন্ধনযুক্ত মুক্তশৃঙ্খল হাইড্রোকার্বনগুলি আরো বেশি সক্রিয়। ইহারাও যুতযৌগ গঠন করে। উপরন্তু ইহাদের ত্রিবন্ধনযুক্ত কার্বনে সংযুক্ত হাইড্রোজেন অ্যাসিড ধর্ম প্রদর্শন করে এবং সোডিয়াম, কপার বা সিলভার দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ইহারা অ্যাসিটিলিন্স বা অ্যালকাইন শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। ইহাদের সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n-2}।

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনে একবন্ধনের সহিত পর্যায়ক্রমে দ্বিবন্ধন উপস্থিত থাকিলেও, ঐ দ্বিবন্ধনগুলির সক্রিয়তা (অনুনাদের জন্য) খুবই কম। সেজন্য উহারা সাধারণত (অত্যন্ত তীব্র বিকারক ব্যতীত) অ্যালকিন হাইড্রোকার্বনের

মত যুতবিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না, কেবলমাত্র অ্যালকেন হাইড্রোকার্বনের মত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

বদ্ধশৃঙ্খল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলিকে ন্যাপথিন বা সাইক্লোপ্যারাফিন বলে। ইহাদের সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n}। কিন্তু ইহাদের মধ্যে কোন দ্বিবন্ধন থাকে না এবং ইহারা রাসায়নিক ধর্মে অ্যালকেনের সদৃশ। ইহাদের নামকরণে সমসংখ্যক কার্বনযুক্ত অ্যালকেনের নামের পূর্বে 'সাইক্লো' শব্দাংশ যোগ করা হয়; যেমন C_4H_8 (সাইক্লোবিউটেন), C_5H_{10} (সাইক্লো পেন্টেন), C_6H_{12} (সাইক্লো হেক্সেন) ইত্যাদি।

অ্যালকোহল ঃ

হাইড্রোকার্বন অণুর এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুকে হাইড্রক্সিল মূলক (—OH) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়। অ্যালকোহল অণুতে একটিমাত্র হাইড্রক্সিল মূলক থাকিলে মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল (সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n+1}OH$), দুইটি হাইড্রক্সিল মূলক থাকিলে ডাইহাইড্রিক অ্যালকোহল [সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n}(OH)_2$], তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক থাকিলে ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল [সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n-1}(OH)_3$]—এই নিয়ম অনুসারে নামকরণ করা হয়। ডাইহাইড্রিক, ট্রাইহাইড্রিক, টেট্রাহাইড্রিক ইত্যাদি একাধিক হাইড্রক্সিল মূলক যুক্ত অ্যালকোহলকে একত্রে পলিহাইড্রিক অ্যালকোহল বলে।

মূল হাইড্রোকার্বন	অ্যালকোহল	—OH সংখ্যানুযায়ী শ্রেণী
মিথেন (CH_4)	মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH)	মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল
ইথেন (C_2H_6)	ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH)	,,
প্রোপেন (C_3H_8	নর্মাল প্রোপাইল অ্যালকোহল ($CH_3CH_2CH_2OH$)	,,
	আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল $\left(\begin{array}{c}CH_3CHCH_3\\ \vert \\ OH\end{array}\right)$	,,
ইথেন (C_2H_6)	ইথিলিন গ্লাইকল $\begin{array}{c}CH_2OH\\ \vert \\ CH_2OH\end{array}$	ডাইহাইড্রিক অ্যালকোহল
প্রোপেন	গ্লিসারল $\begin{array}{c}CH_2OH\\ \vert \\ CHOH\\ \vert \\ CH_2OH\end{array}$	ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল

আবার অ্যালকোহলের হাইড্রক্সিল মূলক যে কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত তাহা কতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু বহন করিতেছে, সেই সংখ্যার ভিত্তিতে

অ্যালকোহলকে প্রাইমারি, সেকেণ্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলে শ্রেণীবিভক্ত করা হইয়াছে। হাইড্রক্সিল মূলকটি দুই বা ততোধিক হাইড্রোজেন পরমাণুবাহী কার্বনের সহিত যুক্ত থাকিলে যৌগটিকে প্রাইমারি অ্যালকোহল; একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুবাহী কার্বনের সহিত যুক্ত থাকিলে সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল এবং হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত সংযুক্তিহীন কার্বনের সহিত যুক্ত থাকিলে টারসিয়ারি অ্যালকোহল বলে; যেমন,

প্রাইমারি অ্যালকোহল:

CH_3OH (মিথাইল অ্যালকোহল); $CH_3—CH_2OH$ (ইথাইল অ্যালকোহল); $CH_3—CH_2—CH_2OH$ (নর্মাল প্রোপাইল অ্যালকোহল)

সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল:

$CH_3—CH(OH)—CH_3$, $CH_3—CH(OH)—CH_2—CH_3$

আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল সেকেণ্ডারি বিউটাইল অ্যালকোহল

টারসিয়ারি অ্যালকোহল: $CH_3—C(CH_3)(OH)—CH_3$

টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল

প্রাইমারি, সেকেণ্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলগুলির মধ্যে রাসায়নিক ধর্মে কিছু ভিন্নতা লক্ষিত হয়। যেমন, টারসিয়ারি অ্যালকোহলকে কার্বন শৃঙ্খল কাঠামো অটুট রাখিয়া জারিত করা যায় না; সেকেণ্ডারি অ্যালকোহলকে অবশ্য জারিত করিয়া কিটোনে পরিণত করা যায় কিন্তু উৎপন্ন কিটোনকে কার্বন শৃঙ্খল কাঠামো অটুট রাখিয়া আরো বেশি জারিত করা যায় না; কিন্তু প্রাইমারি অ্যালকোহলকে সহজেই জারিত করিয়া প্রথমে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইডে এবং পরে সমসংখ্যক কার্বনপরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়।

$$CH_3—CH_2—OH \xrightarrow{[O]} CH_3—CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

ইথার: জলের অণু হইতে এক পরমাণু হাইড্রোজেনকে অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়, কিন্তু জল অণুর দুই পরমাণু হাইড্রোজেনকেই অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে ইথার পাওয়া যায়।

$H—O—H$ (জল) $C_2H_5—O—H$ (অ্যালকোহল) $C_2H_5—O—C_2H_5$ (ইথার)

ইথারে অক্সিজেন পরমাণুর সহিত দুইটি অ্যালকিল মূলক সংযুক্ত থাকে। এই দুইটি মূলক অভিন্ন হইলে ইথারকে সরল ইথার বলে এবং $R—O—R$ সাধারণ সঙ্কেত দ্বারা সূচিত করা হয়; যেমন $CH_3—O—CH_3$ (ডাইমিথাইল ইথার)

$C_2H_5-O\ C_2H_5$ (ডাই-ইথাইল ইথার) ইত্যাদি। কিন্তু অ্যালকিল মূলক দুইটি বিভিন্ন হইলে ইথারকে মিশ্র ইথার বলা হয় এবং সূচিত করা হয় $R-O-R'$ সাধারণ সঙ্কেত দ্বারা; যেমন $CH_3-O-C_2H_5$ (মিথাইল ইথাইল ইথার); $CH_3-O-CH(CH_3)_2$ (মিথাইল আইসোপ্রোপাইল ইথার) ইত্যাদি।

হাইড্রোকার্বনের হ্যালোজেন জাতক : অ্যালকেন অণুর এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুকে হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যালকেনের হ্যালোজেন জাতক উৎপন্ন হয়। অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের সহিত হ্যালোজেনের বা হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের যুত-বিক্রিয়ার ফলেও অ্যালকেনের হ্যালোজেন জাতক পাওয়া যায়। নিম্নে মিথেনের ক্লোরিন জাতকগুলির সঙ্কেত ও নাম প্রদত্ত হইল।

CH_3Cl—মিথাইল ক্লোরাইড বা মনোক্লোরো মিথেন
CH_2Cl_2—মিথিলিন ক্লোরাইড বা ডাইক্লোরো মিথেন
$CHCl_3$—ক্লোরোফর্ম বা ট্রাইক্লোরো মিথেন
CCl_4—কার্বন টেট্রাক্লোরাইড বা টেট্রাক্লোরো মিথেন

কার্বনিল যৌগ : অ্যালকোহলের জারণের ফলে কার্বনিল মূলক $(-\overset{|}{C}=O)$ যুক্ত অণু বা কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হয়। প্রাইমারি অ্যালকোহল জারণের ফলে সৃষ্ট কার্বনিল মূলকের সহিত সর্বদা একটি হাইড্রোজেন পরমাণু সংযুক্ত থাকে এবং এইরূপ $(-\overset{\overset{H}{|}}{C}=O)$ মূলককে অ্যালডিহাইডো মূলক বলে। অ্যাল-ডিহাইডো মূলক হাইড্রোজেন অথবা অ্যালকিল মূলকের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যালডিহাইড শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন করে, যাহাদের সাধারণ সঙ্কেত $R-CHO$, যেখানে R, অ্যালকিল মূলক অথবা হাইড্রোজেন পরমাণু।

যেমন ফর্মালডিহাইড $(H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H)$; অ্যাসিট্যালডিহাইড $(CH_3-\overset{\overset{H}{|}}{C}=O)$

প্রপিয়োন্যালডিহাইড $(CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H)$ ইত্যাদি।

অপরপক্ষে সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল জারিত করিয়া যে কার্বনিল যৌগ প্রস্তুত করা হয়, তাহার সহিত সর্বদা দুইটি অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকে। এইরূপ যৌগ কিটোন নামে পরিচিত, যাহার সাধারণ সঙ্কেত $R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-R'$ (যেখানে R এবং R' অ্যালকিল মূলক) যেমন,

$$CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 \qquad\qquad CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2CH_3$$

মিথাইল ইথাইল কিটোন   মিথাইল নর্মাল প্রোপাইল কিটোন

ক্ষেত্রবিশেষে কিটোনে উপস্থিত অ্যালকিল মূলক দুইটি অভিন্ন হইতে পারে। সেক্ষেত্রে কিটোনটিকে সরল কিটোন বলা হয়; যেমন

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 \qquad\qquad CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$$

অ্যাসিটোন বা ডাইমিথাইল কিটোন — ডাই ইথাইল কিটোন

অপরপক্ষে যখন R এবং R′ ভিন্ন, সংশ্লিষ্ট কিটোন মিশ্র কিটোন নামে পরিচিত। কিটোনে উপস্থিত দুইটি অ্যালকিল মূলক যুক্ত কার্বনিল মূলককে কিটো মূলক বলা হয়।

কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ঃ অ্যালডিহাইডের জারণের ফলে কার্বক্সিল মূলক $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH)$ যুক্ত অণু বা কার্বক্সিলিক যৌগ উৎপন্ন হয়। এইরূপ যৌগগুলি সর্বদাই অ্যাসিডধর্মী বলিয়া ইহাদের কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বলা হয়। মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সাধারণ সঙ্কেত $R-\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$; যেখানে R, হাইড্রোজেন, অ্যারিল বা অ্যালকিল মূলক। যেমন; $H\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$ (ফর্মিক অ্যাসিড);

$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড) $CH_3CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$ (প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড) $C_6H_5-\underset{\underset{OH}{|}}{C}=O$ (বেন্‌জোয়িক অ্যাসিড) ইত্যাদি।

R শুধুমাত্র হাইড্রোজেন অথবা অ্যালকিল মূলক হইলে সম্পৃক্ত মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড $C_nH_{2n+1}COOH$ সাধারণ সঙ্কেত দ্বারা সূচিত করা যায়। মনোকার্বক্সিলিক অ্যালিফেটিক অ্যাসিডগুলিকে ফ্যাটি অ্যাসিডও বলে, গ্লিসারলের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় ইহাদিগকে ফ্যাট বা চর্বিজাতীয় যৌগে দেখিতে পাওয়া যায়। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে একাধিক কার্বক্সিল মূলকও থাকিতে পারে। দুইটি কার্বক্সিল মূলক থাকিলে যৌগটিকে ডাই কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, তিনটি কার্বক্সিল মূলক থাকিলে ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড, এইরূপে নামকরণ করা হয়। বলা বাহুল্য মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড একক্ষারকীয়, ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড দ্বিক্ষারকীয় এবং ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড।

(অক্সালিক অ্যাসিড) $\begin{array}{c}COOH\\|\\COOH\end{array}$; (ম্যালনিক অ্যাসিড) $\begin{array}{l}CH_2-COOH\\|\\COOH\end{array}$

(সাক্সিনিক অ্যাসিড) $\begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{array}$ গুরুত্বপূর্ণ ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের উদাহরণ।

$\begin{array}{lll} CH_2- & C(OH)- & CH_2 \\ | & | & | \\ COOH & COOH & COOH \end{array}$ সঙ্কেতবিশিষ্ট সাইট্রিক অ্যাসিড ত্রিক্ষারকীয়।

ফ্যাটি অ্যাসিডের জাতক : ফ্যাটি অ্যাসিডের সাধারণ সঙ্কেত $\begin{array}{l} R-C=O \\ \quad\ | \\ \quad OH \end{array}$। বহুক্ষেত্রে অ্যাসিডের $\begin{array}{l} RC=O \\ \quad\ | \end{array}$ অংশ অটুট থাকিয়া বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। ইহাকে অ্যাসাইল (Acyl) মূলক বলা হয়। অ্যাসাইল মূলক ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিড ক্লোরাইড (RCOCl), অ্যামিনো মূলকের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিড অ্যামাইড ($RCONH_2$) এবং অ্যালকক্সি মূলকের সহিত যুক্ত হইয়া এস্টার (RCOOR') জাতীয় যৌগ উৎপন্ন করে।

আবার ফ্যাটি অ্যাসিডের অ্যালকিল মূলকে উপস্থিত (সাধারণত কার্বক্সিল মূলক সন্নিহিত কার্বনে বা ∝-কার্বনে সংযুক্ত) এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করিয়াও ফ্যাটি অ্যাসিডের জাতক শ্রেণীর যৌগ পাওয়া যায় ; যেমন

$CH_2ClCOOH$ মনোক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$CHCl_2COOH$ ডাইক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড

CCl_3COOH ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড

2.3 সমগণীয় সারি (Homologous series) :

ক্রমবর্ধমান আণবিক ওজন বিশিষ্ট বিভিন্ন অ্যালিফেটিক সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের আণবিক সঙ্কেত তুলনা করিলে দেখিতে পাওয়া যায় যে উহাদের মধ্যে যে কোন একটির সঙ্কেতে উহার ঠিক পূর্ববর্তী যৌগের সঙ্কেত অপেক্ষা CH_2 পরমাণুপুঞ্জ (অর্থাৎ একটি কার্বন ও দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু) বেশি এবং ঠিক পরবর্তী যৌগের সঙ্কেত অপেক্ষা CH_2 পরমাণুপুঞ্জ কম রহিয়াছে। যেমন

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}
মিথেন	ইথেন	প্রোপেন	বিউটেন	পেন্টেন

ইহাদের আণবিক সঙ্কেতকে এক সাধারণ সঙ্কেত $C_n H_{2n+2}$ রূপে সূচিত করা যায় এবং ইহাদের ভৌতধর্ম পর্যালোচনা করিলেও দেখা যায় যে, আণবিক সঙ্কেত বৃদ্ধির সঙ্গে ইহাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কও একটি নির্দিষ্ট ক্রমে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে। ওলেফিন, অ্যাসিটিলিন, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ইত্যাদি যৌগ শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত সদস্যদের মধ্যেও উপরি-উক্ত পারস্পরিক সম্পর্ক দেখিতে পাওয়া যায়। এতদ্ব্যতীত উহাদের ক্ষেত্রে একই যৌগশ্রেণীর মধ্যে অভিন্ন কার্যকরী মূলকের অবস্থিতিও লক্ষ্য করা যায়। যেমন,

$CH_2=CH_2$	$CH_3-CH=CH_2$	$CH_3-CH_2-CH=CH_2$
ইথিলিন বা ইথিন	প্রোপিলিন বা প্রোপিন	বিউটিলিন বা বিউটিন

সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n}

$CH\equiv CH$	$CH_3-C\equiv CH$	$CH_3-CH_2-C\equiv CH$
অ্যাসিটিলিন বা ইথাইন	প্রোপাইন	বিউটাইন

সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n-2}

CH_3OH	CH_3CH_2OH	$CH_3CH_2CH_2OH$	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$
মিথাইল অ্যালকোহল	ইথাইল অ্যালকোহল	নর্মাল প্রোপাইল অ্যালকোহল	নর্মাল বিউটাইল অ্যালকোহল

সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n+1}OH$

HCHO	CH_3CHO	CH_3CH_2CHO	$CH_3CH_2CH_2CHO$
ফরম্যালডিহাইড	অ্যাসিট্যালডিহাইড	প্রোপিয়ন্যাল ডিহাইড	বিউটির‍্যাল ডিহাইড

সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+1} CHO

HCOOH	CH_3COOH	CH_3CH_2COOH	$CH_3CH_2CH_2COOH$
ফর্মিক অ্যাসিড	অ্যাসিটিক অ্যাসিড	প্রোপিয়নিক অ্যাসিড	বিউটিরিক অ্যাসিড

সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+1} COOH

উপরি-উক্ত কারণে জৈব যৌগসমূহ সম্পর্কে পর্যালোচনা সহজ ও সুসংহত করিবার জন্য উহাদিগকে কতগুলি সমগণীয় সারিতে (Homologous series) বিভক্ত করা হইয়াছে। অভিন্ন মৌলের সমবায়ে গঠিত একই সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত যৌগগুলি একটি সাধারণ আণবিক সঙ্কেতে প্রকাশযোগ্য, আণবিক সঙ্কেতে পার্শ্ববর্তী সদস্যদের মধ্যে CH_2 পরমাণুপুঞ্জের ব্যবধানযুক্ত, রাসায়নিক ধর্মে সদৃশ ও ভৌতধর্মে নির্দিষ্ট ক্রমবিশিষ্ট এবং একই কার্যকরী মূলকযুক্ত। একই সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত বিভিন্ন যৌগকে পরস্পরের সমগণ বা সমগোত্র (Homologue) বলা হয়।

সমগণীয় শ্রেণীতে বিভাগের ফলে অসংখ্য জৈব যৌগে সমৃদ্ধ জৈব রসায়নশাস্ত্র চর্চা অনেক সহজ হইয়া গিয়াছে। বস্তুত জৈবরসায়নকে সমগণীয় সারির রসায়ন বলিলেও অত্যুক্তি হয় না।

সমগণীয় শ্রেণীর সংজ্ঞা : একটি সাধারণ আণবিক সঙ্কেতে প্রকাশ-যোগ্য সমরাসায়নিক ধর্মবিশিষ্ট জৈব যৌগগুলিকে ক্রমবর্ধমান আণবিক ওজন অনুসারে সজ্জিত করিলে যে সজ্জা পাওয়া যায় তাহা লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, সজ্জায় উপস্থিত পরপর যে কোন দুটি যৌগের আণবিক সঙ্কেতে ব্যবধান CH_2। এই সজ্জাকে বলা হয় সমগণীয় শ্রেণী এবং সজ্জার অন্তর্গত যৌগগুলিকে সমগণ বা সমগোত্রীয় যৌগ। অ্যালকেন ছাড়া প্রত্যেকটি সমগণীয় শ্রেণীতে একই কার্যকরী মূলক বর্তমান থাকে।

2.4 জৈব যৌগের নামকরণ

(1) সাধারণ বা প্রচলিত নাম (Common or Trivial names) : জৈব রসায়নের ক্রমবিকাশের গোড়ার দিকে জৈব যৌগসমূহকে উহাদের উৎস, বৈশিষ্ট্যসূচক কোন ধর্ম অথবা আবিষ্কারকের নাম অনুযায়ী নাম দেওয়া হইত। ইহাই নামকরণের সাধারণ বা প্রচলিত পদ্ধতি। মিথেন, ইথেন, মিথাইল অ্যালকোহল, ফরম্যালডিহাইড, ফরমিক অ্যাসিড, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, গ্লুকোজ, বেঞ্জিন, ন্যাপথালিন ইত্যাদির এইরূপেই নামকরণ করা হইয়াছে।

(2) প্রতিস্থাপন পদ্ধতি (Derived system) : এই পদ্ধতিতে কোন যৌগকে, উহা যে সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত সেই সমগণীয় সারির সরলতম যৌগের প্রতিস্থাপিত যৌগরূপে নামকরণ করা হয়।

(3) I. U. P. A. C (International union of pure and applied Chemists) পদ্ধতি : 1892 খ্রীস্টাব্দে জেনভা শহরে বিশ্বের অগ্রগণ্য রসায়নবিদেরা এক আন্তর্জাতিক সম্মেলনে মিলিত হইয়া জৈব যৌগসমূহের নামকরণের জন্য এক সুসংহত ঐক্যবদ্ধ নিয়ম গড়িয়া তুলিতে চেষ্টা করেন। পরবর্তীকালে রসায়নবিদ্দের বিভিন্ন আন্তর্জাতিক সম্মেলনে (1922, 1930, 1957, 1963 খ্রীঃ) এই নিয়মগুলি পূর্ণাঙ্গ হইয়া উঠে। এই নিয়ম অনুযায়ী নামকরণ পদ্ধতিকে I. U. P. A. C. পদ্ধতি বলে। এই পদ্ধতি অনুযায়ী বিভিন্ন যৌগ শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত যৌগগুলির নামকরণ সম্পর্কে পৃথকভাবে আলোচনার পূর্বে এই পদ্ধতিসংক্রান্ত নিম্নলিখিত সাধারণ বিষয়গুলি প্রণিধানযোগ্য :

(i) যৌগটির গঠনকাঠামোকে এরূপে সাজাইতে হইবে যাহাতে দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খল উৎপন্ন হয় এবং নামকরণের ভিত্তি হইবে ঐ দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খলে উপস্থিত কার্বনসংখ্যাযুক্ত হাইড্রোকার্বনের নাম।

(ii) দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খলে উপস্থিত কার্বন পরমাণুগুলিকে এক প্রান্ত হইতে 1, 2, 3, 4 ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা এমনভাবে চিহ্নিত করিতে হইবে, যাহাতে শাখাশৃঙ্খল অথবা প্রতিস্থাপক বা কার্যকরী মূলক নিম্নতম সংখ্যাদ্বারা চিহ্নিত কার্বনের সহিত যুক্ত থাকে (কার্যকরী মূলকে কার্বন পরমাণু থাকিলে অবশ্যই উহাকে শৃঙ্খল কাঠামোর অন্তর্ভুক্ত করিতে হইবে)। (iii) একই সঙ্গে কার্যকরী মূলক এবং প্রতিস্থাপক বা শাখাশৃঙ্খল যুক্ত থাকিলে, উপরি-উক্ত চিহ্নিতকরণ বিষয়ে কার্যকরী মূলককেই অগ্রাধিকার দিতে হইবে। (iv) আবার কার্বন-শৃঙ্খলে একাধিক কার্যকরী মূলক যুক্ত থাকিলে অগ্রাধিকারের ক্রম নিম্নরূপ হইবে ;

($-COOH$), ($-CHO$, ($>C=O$), ($-OH$), ($>C=C<$) এবং ($-C\equiv C-$)।

(v) দুই প্রান্ত হইতে একই দূরত্বে বিভিন্ন শাখাশৃঙ্খল সংযুক্ত থাকিলে ক্ষুদ্রতর শাখা-শৃঙ্খলের অধিকার অগ্রগণ্য। (vi) আবার যদি দীর্ঘশৃঙ্খল কাঠামোয় অনেকগুলি একই প্রকার মূলক বা শাখাশৃঙ্খল উপস্থিত থাকে, তাহা হইলে কার্বনশৃঙ্খলের

এমন প্রান্তকে '1' দ্বারা চিহ্নিত করিতে হইবে, যাহার ফলে মূলক বা শাখাশৃঙ্খলগুলি যে যে-কার্বন পরমাণুতে সংযুক্ত, তাহাদের সূচক সংখ্যার যোগফল সর্বনিম্ন হয়।

(vii) জৈবযৌগের নামের মধ্যে কার্যকরী মূলক, প্রতিস্থাপক বা শাখাশৃঙ্খলের নামকে সর্বদা সংশ্লিষ্ট কার্বনের সূচক সংখ্যার সহিত সংযুক্তভাবে ব্যবহার করাই নিয়ম। [অবশ্য (—COOH) বা (—CHO) মূলক সর্বদা সঙ্কেতের একপ্রান্তে অবস্থান করে এবং ইহার মধ্যে উপস্থিত কার্বন পরমাণু কার্বনশৃঙ্খলের একনম্বর পরমাণু মনে করা হয় বলিয়া, এগুলিকে চিহ্নিত করার প্রয়োজন হয় না।]

(viii) হাইড্রোকার্বনের নামের প্রথম অংশকে (মূল পদাংশ) শৃঙ্খলে কার্বন সংখ্যার নির্দেশক এবং শেষাংশকে (মুখ্য পদাংশ) কার্বনশৃঙ্খলের চরিত্রের (সম্পৃক্ত দ্বিবন্ধনযুক্ত অথবা ত্রিবন্ধনযুক্ত) সূচক হিসাবে গ্রহণ করিতে হইবে। যেমন, CH_4 মিথ+এন ; $CH_3\text{-}CH_3$ ইথ+এন ; $CH_3CH_2\text{-}CH_3$ প্রোপ+এন ; $CH_3CH_2CH_2CH_3$ বিউট+এন ; $CH_2{=}CH_2$ ইথ+ইন ; $CH_3CH{=}CH_2$ প্রোপ+ইন ; $CH_3CH_2CH{=}CH_2$ বিউট+ইন ; $CH{\equiv}CH$ ইথ+আইন ; $CH_3C{\equiv}CH$ প্রোপ+আইন ; $CH_3CH_2C{\equiv}CH$ বিউট+আইন ইত্যাদি।

স্পষ্টত মিথ—, ইথ—, প্রোপ—বা বিউট যথাক্রমে 1, 2, 3 বা 4 সংখ্যক কার্বন কাঠামোযুক্ত যৌগের নির্দেশক এবং —এন, —ইন ও —আইন পদাংশ যথাক্রমে সম্পৃক্ত দ্বিবন্ধনযুক্ত ও ত্রিবন্ধনযুক্ত যৌগের পরিচায়ক।

(ix) অন্যান্য যৌগের ক্ষেত্রে উপস্থিত কার্যকরী মূলক অনুযায়ী মুখ্য পদাংশের শেষে অতিরিক্ত গৌণ পদাংশ যোগ করিতে হইবে। কতিপয় কার্যকরী মূলকের জন্য কি পদাংশ যুক্ত হয় তাহা নিম্নে প্রদর্শিত হইল ;

	অ্যালকোহল	অ্যালডিহাইড	কিটোন	কার্বক্সিলিক অ্যাসিড
কার্যকরী মূলক	—OH	—CHO	$-\overset{\vert}{C}{=}O$	—COOH
গৌণ পদাংশ	—অল	—অ্যাল	—ওন	—ওইক অ্যাসিড

(x) জৈব যৌগের নামকরণে উপস্থিত কার্যকরী মূলকের বৈশিষ্ট্যসূচক পদাংশ যেমন সংশ্লিষ্ট কার্বনের সূচকসংখ্যার সহিত নামের শেষাংশে (মূল পদাংশ ও মুখ্য পদাংশের পর) বসাইতে হইবে, তেমনই প্রতিস্থাপক শাখাশৃঙ্খলকে অ্যালকিল মূলক হিসাবে সংশ্লিষ্ট কার্বন সূচক সংখ্যার সহিত নামের পূর্বে বসাইতে হইবে। একাধিক একইরূপ শাখাশৃঙ্খল থাকিলে অ্যালকিল মূলকের নামের পূর্বে উহার সংখ্যাসূচক ডাই (অর্থাৎ দুই), ট্রাই (অর্থাৎ তিন) ইত্যাদি বসাইতে হইবে। ক্লোরিন এবং অন্যান্য হ্যালোজেন প্রতিস্থাপকের ক্ষেত্রে উহাদের ক্লোরো ইত্যাদি নামে অভিহিত করিয়া সংশ্লিষ্ট কার্বনের সূচক সংখ্যার সহিত শাখাশৃঙ্খলের মতই জৈব যৌগের নামের পূর্বে স্থাপন করিতে হইবে। যৌগটিতে একাধিক কার্যকরী মূলক

(দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন ব্যতীত) থাকিলে পূর্বপ্রদত্ত অগ্রাধিকারের তালিকা অনুযায়ী অগ্রাধিকারপ্রাপ্ত মূলকটিকে নামের শেষাংশে এবং অপ্রধান মূলকগুলিকে নামের পূর্বে প্রতিস্থাপক মূলক হিসাবে সন্নিবিষ্ট করা হইবে। একসঙ্গে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন উপস্থিত থাকিলে প্রথমে—ইন ও পরে—আইন ব্যবহৃত হইবে। প্রতিস্থাপক অথবা শাখাশৃঙ্খলমূলক একাধিক হইলে উহাদের আদ্যাক্ষরের ইংরাজী বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী লিখিতে হইবে।

বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগের নামকরণ

2.5 সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন বা প্যারাফিনস বা অ্যালকেনস

(1) প্রচলিত পদ্ধতিতে নামকরণ : প্রচলিত পদ্ধতিতে এই শ্রেণীর যৌগগুলির প্রথম চারিটির নাম যে মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6), প্রোপেন (C_3H_8) এবং বিউটেন (C_4H_{10}), সে কথা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। চারিটির বেশি কার্বন পরমাণুযুক্ত হাইড্রোকার্বনের নামকরণের জন্য ল্যাটিন বা গ্রীক ভাষার সংখ্যাসূচক শব্দের শেষে —এন (—ane) যোগ করা হয়। যেমন ; C_5H_{12} (পেন্টেন) C_6H_{14} (হেক্সেন), C_7H_{16} (হেপ্টেন), C_8H_{18} (অক্টেন) ইত্যাদি।

সম্পৃক্ত শাখাহীন সরল হাইড্রোকার্বন, চারিটি অথবা চারিটির অধিক কার্বন পরমাণুযুক্ত হইলে উহার নামের পূর্বে নর্মাল (normal বা সংক্ষেপে n) শব্দ ব্যবহার করা হয়। যেমন

$$\underset{\text{নর্মাল বিউটেন}}{CH_3-CH_2-CH_2-CH_3}\ ;\quad \underset{\text{নর্মাল পেন্টেন}}{CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3}$$

সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের কোন প্রান্তে কেবলমাত্র $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>\!CH$-মূলক যুক্ত থাকিলে উহার নামের পূর্বে আইসো (iso) শব্দ যোগ করা হয়। যেমন,

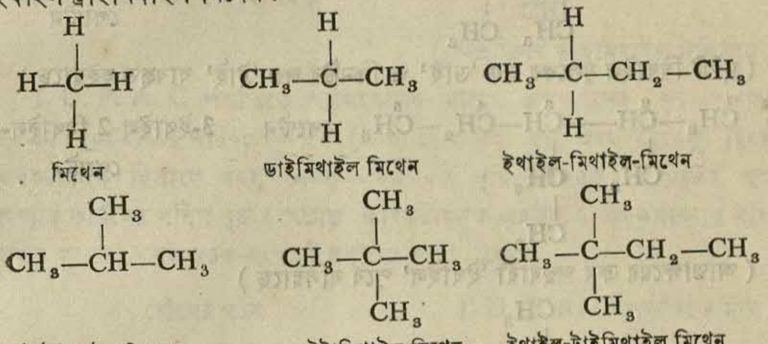
$$\begin{array}{c}CH_3-\underset{|}{CH}-CH_3\\ \quad CH_3\\ \text{আইসো বিউটেন}\end{array}\ ;\quad \begin{array}{c}CH_3-\underset{|}{CH}-CH_2-CH_3\\ CH_3\qquad\qquad\\ \text{আইসো পেন্টেন}\end{array}$$

আবার সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন শৃঙ্খলের কোন কার্বন পরমাণুতে চারিটি অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকিলে যৌগটির নামের পূর্বে নিও (neo) শব্দ যোগ করা হয়।

$$\text{যেমন,}\quad \begin{array}{c}CH_3\\ |\\ CH_3-C-CH_3\\ |\\ CH_3\\ \text{নিও পেন্টেন}\end{array}$$

(2) প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে (Derived system) নামকরণ : এই পদ্ধতিতে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগকে মিথেনের প্রতিস্থাপিত যৌগ হিসাবে নামকরণ করা হয়। যৌগে যে কার্বন পরমাণু সর্বাপেক্ষা অধিক শৃঙ্খলযুক্ত তাহাকে

মিথেনের কার্বন হিসাবে গ্রহণ করিয়া উহার সহিত যুক্ত অ্যালকিল মূলকগুলিকে ইংরাজী নামের আদ্যাক্ষরের ক্রম অনুযায়ী এই নামকরণে ব্যবহার করা হয়। কিন্তু উহার সহিত হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকিলে তাহা উল্লেখ করা হয় না। এই নিয়ম অনুযায়ী প্রচলিত পদ্ধতিতে প্রোপেন, নর্মাল বিউটেন, আইসো বিউটেন, নিও পেন্টেন ও নিও হেক্সেন নামে পরিচিত যৌগগুলির নাম যথাক্রমে ডাইমিথাইল মিথেন, ইথাইলমিথাইল মিথেন, ট্রাইমিথাইল মিথেন, টেট্রামিথাইল মিথেন এবং ইথাইল ট্রাইমিথাইল মিথেন।



মিথেন ডাইমিথাইল মিথেন ইথাইল-মিথাইল-মিথেন

ট্রাইমিথাইল মিথেন টেট্রামিথাইল মিথেন ইথাইল-ট্রাইমিথাইল মিথেন

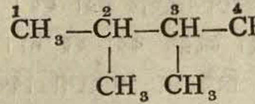
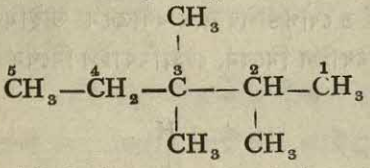
(3) **I. U. P. A. C. পদ্ধতিতে নামকরণঃ** এই পদ্ধতিতে হাইড্রোকার্বনের দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খল স্থির করিয়া, কার্বন পরমাণুর সংখ্যা অনুসারে ঐ নর্মাল হাইড্রোকার্বনের প্রচলিত নামের ভিত্তিতে, পূর্বপ্রদত্ত নিয়ম অনুসারে নামকরণ করা হয়। যেমন,

গঠন সঙ্কেত	দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলের নাম	I. U. P. A. C. নাম
(a) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H_3$	প্রোপেন	2-মিথাইল-প্রোপেন
(b) $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{1}{C}H_3$	বিউটেন	2-মিথাইল-বিউটেন

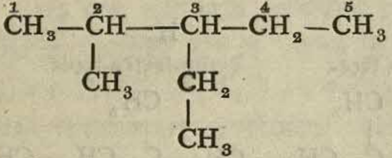
(শাখাশৃঙ্খলকে নিম্নতম সংখ্যা দ্বারা সূচিত করার জন্য ডান দিক হইতে গণনা শুরু করা হইয়াছে)

(c) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3)-CH_3$	বিউটেন	2-মিথাইল-বিউটেন

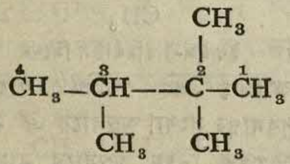
(দীর্ঘতম শৃঙ্খল গঠনের জন্য ইথাইল মূলককে শাখা শৃঙ্খল হিসাবে গণ্য না করিয়া মূল শৃঙ্খল কাঠামোর অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে)

গঠন সঙ্কেত	দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খলের নাম	I. U. P. A. C নাম
(d) 	বিউটেন	2, 3-ডাইমিথাইল-বিউটেন
(e) 	পেন্টেন	2, 3, 3-ট্রাইমিথাইল-পেন্টেন

(দুইটি মিথাইল মূলকের জন্য 'ডাই' ও তিনটির জন্য 'ট্রাই' ব্যবহৃত হইয়াছে)

(f) 	পেন্টেন	3-ইথাইল-2 মিথাইল-পেন্টেন

(আদ্যাক্ষরের ক্রম অনুযায়ী 'ইথাইল' পূর্বে বসিয়াছে)

(g) 	বিউটেন	2, 2, 3 ট্রাইমিথাইল-বিউটেন

(বামদিক হইতে গণনা করিলে প্রতিস্থাপক মূলকের সংশ্লিষ্ট সংখ্যার যোগফল 7-এর পরিবর্তে 2+3+3=8 হইয়া যায়)

2.6 অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামকরণ

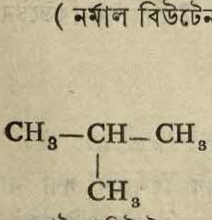
ওলেফিন বা অ্যালকিনের নামকরণ : প্রচলিত পদ্ধতিতে অ্যালকিন যৌগের নামকরণের সময় সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকেনের প্রথম পদাংশের পর শেষ পদাংশ 'এন' (ane)-এর পরিবর্তে 'ইলিন' (ylene) বসাইতে হয়। যেমন,

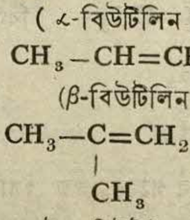
$CH_3—CH_3$ (ইথেন) ; $CH_2=CH_2$ (ইথিলিন)

$CH_3—CH_2—CH_3$ (প্রোপেন) ; $CH_3-CH=CH_2$ (প্রোপিলিন)

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ (নর্মাল বিউটেন) ; $CH_3—CH_2-CH=CH_2$ (α-বিউটিলিন)

$CH_3-CH=CH—CH_3$ (β-বিউটিলিন)


আইসো বিউটেন


আইসো বিউটিলিন

অপরপক্ষে প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে অ্যালকিন যৌগগুলিকে ইথিলিনের প্রতিস্থাপক যৌগ হিসাবে নামকরণ করা হয়। যেমন,

$CH_3-CH=CH_2$; $CH_3-CH_2-CH=CH_2$
(মিথাইল ইথিলিন) (ইথাইল ইথিলিন)

$CH_3-CH=CH-CH_3$; $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH_2$
(প্রতিসম ডাইমিথাইল ইথিলিন) (অপ্রতিসম ডাইমিথাইল ইথিলিন)

I. U. P. A. C পদ্ধতিতে অ্যালকেনের নামের প্রথমাংশের পর শেষাংশে —'এন' (ane)-এর পরিবর্তে—'ইন' (ene) যোগ করা হয় এবং যেহেতু দ্বিবন্ধন কার্যকরীমূলক হিসাবে গণ্য, সেজন্য –'ইন'-এর পূর্বে দ্বিবন্ধনটি যে নিম্নতম স্থচক সংখ্যার কার্বনের সহিত যুক্ত (অন্যান্য কার্যকরীমূলক একটিমাত্র স্থচকসংখ্যার সহিত জড়িত থাকে), সেই স্থচক-সংখ্যাটি বসানো হয়। যেমন,

যৌগের গঠন	I. U. P. A. C. পদ্ধতিতে নাম
(a) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H_3$	বিউট-2-ইন (বা 2-বিউটিন)
(b) $\overset{5}{C}H_3-\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{\overset{4}{C}H}-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}H_3$	4-মিথাইল-পেণ্ট-2-ইন) (বা 4-মিথাইল-2-পেণ্টিন)

(স্থচক সংখ্যা বসাইবার সময় শাখাশৃঙ্খল অপেক্ষা দ্বিবন্ধনকে অধিক গুরুত্ব দেওয়া হইয়াছে)

(c) $\overset{3}{C}H_3-\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{\overset{2}{C}}=\overset{1}{C}H_2$	2-মিথাইল-প্রোপ-1-ইন (বা 2-মিথাইল-1-প্রোপিন)
(d) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{C}=\underset{\underset{C_2H_5}{\vert}}{C}-CH_3$	2, 3-ডাইমিথাইল-পেণ্ট-2-ইন (বা 2, 3-ডাইমিথাইল-2-পেণ্টিন)

অর্থাৎ (C_2H_5-কে ভাঙ্গিয়া) $\overset{1}{C}H_3-\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{\overset{2}{C}}=\underset{\underset{\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3}{\vert}}{\overset{3}{C}}-CH_3$

(e) $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}H_2$	1, 3-বিউটা-ডাই-ইন

(দুইটি দ্বিবন্ধন আছে বলিয়া—'ইন'-এর পূর্বে 'ডাই' বসিয়াছে। লক্ষণীয় যে, 'ডাই-ইনের' পূর্বে 'বিউটের' পরিবর্তে 'বিউটা' ব্যবহৃত হইয়াছে)

যৌগের গঠন	I. U. P. A. C. নাম
(f) $\overset{4}{C}H_2=\overset{3}{C}H-\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{\overset{2}{C}}=\overset{1}{C}H_2$	2-মিথাইল-1, 3-বিউটা-ডাই-ইন

(শাখাশৃঙ্খলের সূচক সংখ্যা নিম্নতম করার জন্য ডানদিক হইতে গণনা শুরু হইয়াছে)

(g) $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}H-\overset{5}{C}H=\overset{6}{C}H_2$ 1, 3, 5-হেক্সা-ট্রাই-ইন
(তিনটি দ্বিবন্ধনের জন্য 'ট্রাই')

2.7 অ্যাসিটিলিনস্ বা অ্যালকাইনের নামকরণ

সাধারণত অ্যালকাইন বা ত্রিবন্ধন যুক্ত হাইড্রো-কার্বনগুলিকে ঐ শ্রেণীর সরলতম যৌগ অ্যাসিটিলিন $CH\equiv CH$-এর প্রতিস্থাপিত যৌগরূপে প্রতিস্থাপন পদ্ধতির সাহায্যে নামকরণ করা হয়। যেমন,

$CH_3-C\equiv CH$ (মিথাইল অ্যাসিটিলিন),

$CH_3-C\equiv C-CH_3$ (ডাইমিথাইল অ্যাসিটিলিন),

$CH_3-CH_2-C\equiv CH$ (ইথাইল অ্যাসিটিলিন) ইত্যাদি।

তবে ইহাদের কয়েকটির নিজস্ব স্বতন্ত্র নামও আছে ; যেমন,
মিথাইল অ্যাসিটিলিনের নাম অ্যালাইলিন (Allylene), ডাই-মিথাইল অ্যাসিটিলিনের নাম ক্রোটোনাইলিন (Crotonylene)।

I. U. P. A. C. পদ্ধতিতে অ্যালকাইনের নামকরণের সময়ে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকেনের নামের শেষাংশ হইতে—এন (ane) অপসারিত করিয়া আইন (—yne) যোগ করা হয় এবং উহার পূর্বে ত্রিবন্ধন-সংযুক্ত কার্বন পরমাণুর সম্ভাব্য নিম্নতম সূচক সংখ্যা অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। যেমন,

(a) $CH_3-C\equiv CH$ প্রোপাইন

(b) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{4}{C}H_3$ বিউট-2-আইন (বা 2-বিউটাইন)

(c) $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H$ বিউট-1-আইন (বা 1-বিউটাইন)

(d) $\overset{4}{C}H_3-\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{\overset{\overset{CH_3}{\vert}}{\overset{3}{C}}}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H$ 3,3-ডাইমিথাইল-বিউট-1-আইন (বা 3,3-ডাইমিথাইল-1-বিউটাইন)

(e) $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}\equiv\overset{4}{C}H$ বিউট-1-ইন-3-আইন
(বা 1-বিউটিন-3-আইন)

(একই যৌগে দ্বিবন্ধন এবং ত্রিবন্ধন একসঙ্গে আছে বলিয়া প্রথমে-ইন ও পরে-আইন।)

যৌগের গঠন	I. U. P. A. C. পদ্ধতিতে নাম
(f) $\overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}H=\overset{3}{C}H-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H$	3-পেন্টিন-1-আইন (বা পেন্ট-3-ইন-1-আইন)
(g) $\overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{C}H=\overset{1}{C}H_2$	1-পেন্টিন-3-আইন (বা পেন্ট-1 ইন-3-আইন)

(কার্বন চিহ্নিতকরণে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন তুল্যমূল্য, কিন্তু প্রান্ত হইতে সমদূরত্বে থাকিলে দ্বিবন্ধন অগ্রাধিকার পায়, যেমন উদা: (e))

2.8 হাইড্রোকার্বনের হ্যালোজেন জাতক (Halogen derivatives of hydrocarbons) :

নামকরণের প্রচলিত পদ্ধতিতে হাইড্রোকার্বনের হ্যালোজেন যৌগ অথবা অ্যামিন শ্রেণীর যৌগের ক্ষেত্রে অ্যালকিল মূলকের সহিত সংশ্লিষ্ট হ্যালাইড বা অ্যামিন শব্দ যোগ করা হয়। I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নামকরণে ইহাদের উৎস অ্যালকেনের নামের পূর্বে হ্যালো এবং অ্যামিনো শব্দ যোগ করা হয়। যেমন,

যৌগের গঠন	প্রচলিত নাম	I. U. P. A. C. নাম
CH_3CH_2Cl	ইথাইল ক্লোরাইড	ক্লোরো ইথেন
CH_3NH_2	মিথাইল অ্যামিন	অ্যামিনো মিথেন
$\overset{3}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}H_2Br$	নর্মাল প্রোপাইল ব্রোমাইড	1-ব্রোমো প্রোপেন
$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H(Br)-\overset{1}{C}H_3$	আইসো প্রোপাইল ব্রোমাইড	2-ব্রোমো প্রোপেন
$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2-Cl$	নর্মাল বিউটাইল ক্লোরাইড	1-ক্লোরো বিউটেন
$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(Cl)-\overset{1}{C}H_3$	সেকেণ্ডারি বিউটাইল ক্লোরাইড	2-ক্লোরো-বিউটেন

নিম্নে প্রতিস্থাপক হ্যালোজেন পরমাণুযুক্ত আরো কতগুলি হাইড্রোকার্বনের জাতক যৌগের I. U. P. A. C. সম্মত নাম দেওয়া হইল।

যৌগের গঠন	I. U. P. A. C. নাম
(a) $\overset{1}{C}H_2(Br)-\overset{2}{C}H(Cl)-\overset{3}{C}H(Cl)-\overset{4}{C}H_3$	1-ব্রোমো-2, 3-ডাইক্লোরো-বিউটেন

যৌগের গঠন	I. U. P. A. C. নাম
(b) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(Cl)-\overset{3}{C}H(CH_3)-\overset{4}{C}H_3$	2-ক্লোরো-3 মিথাইল বিউটেন

(শাখাশৃঙ্খল ও প্রতিস্থাপক মূলককে উহাদের ইংরাজী আদ্যাক্ষরের ক্রম অনুযায়ী লেখা হইয়াছে।)

(c) $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}(Cl)-\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}H_2$	2-ক্লোরো-1, 3-বিউটা-ডাই-ইন
(d) $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H(Cl)-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H$	3-ক্লোরো-1-বিউটাইন (বা 3-ক্লোরো-বিউট-1-আইন)

2.9 অ্যালকোহলের নামকরণ

(1) **প্রচলিত পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে অ্যালকিল মূলকের নামের সহিত অ্যালকোহল শব্দ যোগ করা হয়। যেমন, CH_3OH (মিথাইল অ্যালকোহল) ; CH_3-CH_2-OH (ইথাইল অ্যালকোহল) ;

$CH_3-CH_2-CH_2OH$ (নর্মাল প্রোপাইল অ্যালকোহল)

$CH_3-CHOH(CH_3)$ (আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল)

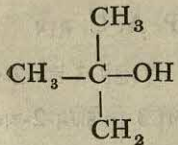
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$ (নর্মাল বিউটাইল অ্যালকোহল)

$CH_3-CH_2-CHOH(CH_3)$ (সেকেণ্ডারি বিউটাইল অ্যালকোহল)

$CH_3-C(CH_3)_2-OH$ (টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল)

(2) **কার্বিনল (Carbinol) পদ্ধতি :** এই প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে মিথাইল অ্যালকোহলকে কার্বিনল নামে অভিহিত করিয়া অন্যান্য অ্যালকোহলকে অ্যালকিল মূলক দ্বারা কার্বিনলের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন যৌগ হিসাবে নামকরণ করা হয়।

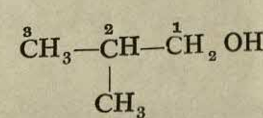
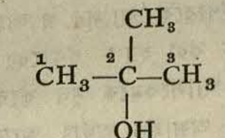
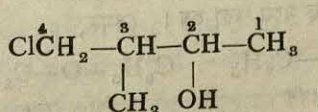
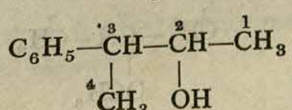
যেমন ;	
CH_3-CH_2-OH	মিথাইল কার্বিনল
$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	ইথাইল কার্বিনল
$CH_3-CH(CH_3)-OH$	ডাই মিথাইল কার্বিনল



ট্রাইমিথাইল কার্বিনল

ইত্যাদি

(3) **I. U. P. A. C.-পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে সম্পৃক্ত অ্যালকোহলগুলিকে অ্যালকানল (Alkanol) নামে অভিহিত করা হয়। সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেনের (Alkane) শেষাংশে ইংরাজী '—e' এর পরিবর্তে 'ol' যোগ করিয়া অর্থাৎ বাংলা বানানে '— এন' এর পরিবর্তে '—আনল' যোগ করিয়া সম্পৃক্ত অ্যালকোহলের নামকরণ করা হয়। দ্বিবন্ধনযুক্ত অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে প্রথমে অ্যালকেনের (Alkane) মুখ্য পদাংশ—'এন (ane)' এর পরিবর্তে—'ইন' (ene) বসাইয়া অ্যালকিন (Alkene)-টির নামকরণ করা হয় এবং তারপর অ্যালকিনের শেষাংশে—'e' বর্জন করিয়া গৌণ পদাংশ—'ol' যোগ করিলে, অর্থাৎ বাংলা বানানে অ্যালকিনের নামের পর—অল যোগ করিলে দ্বিবন্ধযুক্ত অ্যালকোহল বা অ্যালকিনল (Alkenol)-এর নাম পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে ত্রিবন্ধনযুক্ত অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী অ্যালকাইনল (Alkynol) নাম দেওয়া হয়। নামকরণের ভিত্তি সর্বদাই হাইড্রক্সিল মূলকযুক্ত দীর্ঘতম কার্বন-শৃঙ্খল। নিম্নে I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী কতগুলি অ্যালকোহলের নাম দেওয়া হইল।

যৌগের গঠন	I. U. P. A. C. নাম
(a) $\overset{3}{C}H_3—\overset{2}{C}H_2—\overset{1}{C}H_2—OH$	প্রোপান-1-অল (বা 1-প্রোপানল)
(b) 	2-মিথাইল-প্রোপান-1-অল (বা 2-মিথাইল-1-প্রোপানল)
(c) 	2-মিথাইল-প্রোপান-2-অল (বা 2-মিথাইল-2-প্রোপানল)
(d) 	4-ক্লোরো-3-মিথাইল-বিউটান-2-অল (বা 4-ক্লোরো-3 মিথাইল-2 বিউটানল)
(e) 	3-ফিনাইল -বিউটান-2-অল (ফিনাইলমূলক কার্বনশৃঙ্খলের অন্তর্গত নয়)

যৌগের গঠন	I. U. P. A. C. নাম
(f) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(OH)-\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}H_2$	বিউট-3-ইন-2-অল (বা 3-বিউটিন-2-অল)

(সূচক সংখ্যা গণনার ক্ষেত্রে হাইড্রক্সিলমূলক দ্বিবন্ধনের তুলনায় অগ্রাধিকার পায়)

(g) $\underset{OH}{\overset{1}{C}H_2}-\underset{OH}{\overset{2}{C}H}-\underset{OH}{\overset{3}{C}H_2}$	প্রোপান-1, 2, 3-ট্রাই-অল
(h) $\overset{3}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}H_2OH$	প্রোপ-2-ইন-1-অল
(i) $H\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}-\overset{1}{C}H_2OH$	প্রোপ-2-আইন-1-অল

2.10 ইথারের নামকরণ

(1) **প্রচলিত পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে ইথারের নামকরণকালে সংশ্লিষ্ট অ্যালকিলমূলক দুইটির নাম উল্লেখ করিয়া পরে ইথার শব্দ যোগ করা হয়। মিশ্র ইথারের নামকরণকালে প্রথমে ক্ষুদ্রতর ও পরে বৃহত্তর অ্যালকিল মূলকের নাম লেখা হয়।

যেমন,

CH_3-O-CH_3 ডাইমিথাইল ইথার

$C_2H_5-O-C_2H_5$ ডাই-ইথাইল ইথার

$CH_3-O-C_2H_5$ মিথাইল ইথাইল ইথার

$C_2H_5-O-CH_2-CH_2-CH_3$ ইথাইল নর্মাল প্রোপাইল ইথার

$CH_3-O-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}-CH_3$ মিথাইল আইসোপ্রোপাইল ইথার

(2) **I. U. P. A. C. পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে ইথারকে 'অ্যাল্‌কক্সি অ্যালকেন' (Alkoxy alkane)—এই সাধারণ নামে অভিহিত করা হয়। ইথারের সহিত যুক্ত অ্যালকিল মূলক দুইটির মধ্যে বৃহত্তরটির উৎস-অ্যালকেনকে মূল কার্বনশৃঙ্খল বিবেচনা করিয়া উহাতে ক্ষুদ্রতর অ্যালকিলমূলকের অক্সাইড অর্থাৎ অ্যাল্‌কক্সি-মূলক প্রতিস্থাপক হিসাবে উপস্থিত আছে মনে করা হয়। যেমন,

CH_3-O-CH_3 মিথক্সি মিথেন

$CH_3-O-C_2H_5$ মিথক্সি ইথেন

$C_2H_5-O-C_2H_5$ ইথক্সি ইথেন

$CH_3O-\overset{1}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_3$ 1-মিথক্সি প্রোপেন

$\overset{1}{C}H_3-\underset{OCH_3}{\overset{2}{C}H}-\overset{3}{C}H_3$ 2-মিথক্সি প্রোপেন ইত্যাদি

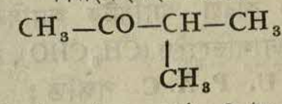
2.11 কিটোনের নামকরণ

(1) প্রচলিত পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে কিটোনের নামকরণের সময়, কার্বনিল ($>C=O$) মূলকের সহিত যে দুইটি অ্যালকিল মূলক সংযুক্ত, সেই দুইটির নাম উল্লেখ করিয়া পরে কিটোন শব্দ যোগ করা হয়। এক্ষেত্রেও নাম লিখিবার সময় প্রথমে ক্ষুদ্রতর ও পরে বৃহত্তর অ্যালকিলমূলকের নাম উল্লেখ করিতে হয়। যেমন,

CH_3COCH_3
ডাইমিথাইল কিটোন বা অ্যাসিটোন

$CH_3COC_2H_5$
মিথাইল ইথাইল কিটোন

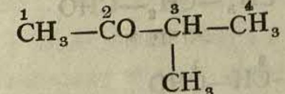
$C_2H_5CO-CH_2CH_2CH_3$
ইথাইল নর্মাল প্রোপাইল কিটোন

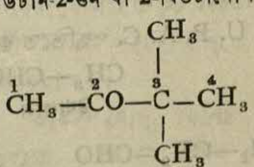

মিথাইল আইসোপ্রোপাইল কিটোন

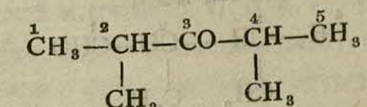
I. U. P. A. C. পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে কিটোনের নামকরণকালে সম-সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেনের (Alkane) ইংরাজী নামের শেষে '—e' এর পরিবর্তে '—one' যোগ করা হয়। বাংলা বানানে 'অ্যালকেন'-এর শেষাংশ হইতে '—এন'-কে প্রতিস্থাপিত করিয়া 'আনোন' যোগ করা হয়। অর্থাৎ কিটোনগুলির সাধারণ নাম অ্যালকানোন (Alkanone)। নিম্নে কয়েকটি কিটোনের I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নাম দেওয়া হইল।

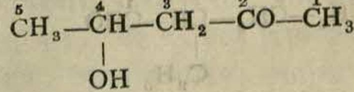
CH_3COCH_3
প্রোপানোন

$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_3$
বিউটান-2-ওন বা 2-বিউটানোন


3-মিথাইল-বিউটান-2-ওন
বা 3-মিথাইল-2 বিউটানোন


3, 3-ডাইমিথাইল-বিউটান-2-ওন
বা 3, 3-ডাইমিথাইল-2 বিউটানোন


2, 4-ডাইমিথাইল-পেণ্টান-3-ওন
বা 2, 4-ডাইমিথাইল-3 পেণ্টানোন


4-হাইড্রক্সি-পেণ্টান-2-ওন

[সূচক সংখ্যা নির্দেশক হিসাবে কিটো ($>C=O$) মূলক হাইড্রক্সিল ($-OH$) মূলক অপেক্ষা অগ্রাধিকার পাইবে এবং $-OH$ মূলক প্রতিস্থাপক মূলক হিসাবে বিবেচিত হইবে।]

2.12 অ্যালডিহাইডের নামকরণ

প্রচলিত পদ্ধতি ঃ অ্যালডিহাইডে কার্যকরীমূলক অ্যালডিহাইডো মূলক —CHO মূলক, ইহাতে কার্বনিল মূলকের সহিত একটি হাইড্রোজেন পরমাণুও যুক্ত থাকে। জারিত করিলে অ্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং প্রচলিত পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইড জারিত হইয়া যে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, সেই অ্যাসিডের নামানুসারে উহার নাম রাখা হয়। যেমন যে অ্যালডিহাইড জারিত হইয়া ফরমিক 'অ্যাসিড' (HCOOH) উৎপন্ন করে তাহার নাম ফর্মালডিহাইড (HCHO), যাহাকে জারিত করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) পাওয়া যায় তাহার নাম অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO), ইত্যাদি।

I. U. P. A. C. পদ্ধতি ঃ সমসংখ্যক কার্বনপরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকেন (Alkane)-এর ইংরাজী নামের শেষাংশ হইতে 'e'-কে '—al' দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া অর্থাৎ বাংলা বানানে 'অ্যালকেন'-এর শেষাংশ হইতে 'এন'-কে—অ্যানাল দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া সম্পৃক্ত অ্যালডিহাইডের I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী সাধারণ নাম 'অ্যালকান্যাল' (Alkanal) পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে দ্বিবন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত অ্যালডিহাইডের সাধারণ নাম 'অ্যালকিন্যাল' (Alkenal) এবং ত্রিবন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত অ্যালডিহাইডের 'অ্যালকাইন্যাল' (Alkynal)। অ্যালডিহাইডো মূলক একযোজী বলিয়া ইহা সবসময়ে শৃঙ্খলের একপ্রান্তে অবস্থান করে এবং এই মূলকের মধ্যে উপস্থিত কার্বন পরমাণুকে (একটিমাত্র —CHO মূলক উপস্থিত থাকিলে) এক নম্বর কার্বন পরমাণু বিবেচনা করিয়া সাধারণত সূচক সংখ্যা উল্লেখ করা হয় না।

নিম্নে I. U. P. A. C. পদ্ধতিতে কতগুলি অ্যালডিহাইডের নাম প্রদত্ত হইল।

HCHO
মিথান্যাল

$CH_3—CHO$
ইথান্যাল

$CH_3—CH_2—CHO$
প্রোপান্যাল

$CH_3—CH_2—CH_2—CHO$
বিউটান্যাল

$\overset{3}{C}H_3—\overset{2}{C}H(CH_3)—\overset{1}{C}HO$
2-মিথাইল-প্রোপান্যাল

$\overset{4}{C}H_3—\overset{3}{C}H_2—\overset{2}{C}H(C_2H_5)—\overset{1}{C}HO$
2-ইথাইল-বিউটান্যাল

$\overset{4}{C}H_3—\overset{3}{C}H(CH_3)—\overset{2}{C}H(C_2H_5)—\overset{1}{C}HO$
2-ইথাইল-3-মিথাইল-বিউটান্যাল

$\overset{3}{C}H_2=\overset{2}{C}H—\overset{1}{C}HO$
প্রোপ-2-ইন্যাল বা 2-প্রোপিন্যাল
(সাধারণ নাম অ্যাক্রোলিন)

$\overset{4}{C}H_3—\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H—\overset{1}{C}HO$
বিউট-2-ইন্যাল বা 2-বিউটিন্যাল
(সাধারণ নাম ক্রোটন অ্যালডিহাইড)

$\overset{3}{C}H\equiv\overset{2}{C}—\overset{1}{C}HO$
প্রোপ-2-আইন্যাল বা প্রোপাইন্যাল (সাধারণ নাম প্রোপারজিল অ্যালডিহাইড)

2.13 কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের নামকরণ

(1) **সাধারণ বা প্রচলিতপদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে অধিকাংশ ক্ষেত্রে অ্যাসিডের উৎস অনুসারে নামকরণ করা হইয়াছে যেমন, পিঁপড়ার (ল্যাটিন formica) বিষে থাকে বলিয়া ফরমিক অ্যাসিড ($HCOOH$) ; ভিনিগারে (ল্যাটিন acetum) থাকে বলিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) ; মাখন (ল্যাটিন butyric) হইতে পাওয়া যায় বলিয়া বিউটিরিক অ্যাসিড ($CH_3CH_2CH_2COOH$) ইত্যাদি। প্রচলিত পদ্ধতিতে $CH_3—CH_2—COOH$ প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড নামে পরিচিত।

প্রতিস্থাপন পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে ফরমিক অ্যাসিড ব্যতীত অন্যান্য অ্যাসিডগুলিকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের প্রতিস্থাপিত যৌগ হিসাবে নামকরণ করা হয়। যেমন,

$CH_3—CH(CH_3)—COOH$
ডাই মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$CH_3—CH_2—COOH$
মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$CH_3—C(CH_3)_2—COOH$
ট্রাইমিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$CH_3—CH(CH_3)—CH_2—COOH$
আইসো প্রোপাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ইত্যাদি

এই পদ্ধতিতে কার্বক্সিল মূলক যে কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকে তাহাকে α (আলফা) চিহ্ন দ্বারা এবং তাহার পরবর্তী কার্বন পরমাণুগুলিকে যথাক্রমে β (বিটা), γ (গামা) ইত্যাদি চিহ্ন দ্বারা সূচিত করা হয়।

I. U. P. A. C. পদ্ধতি ঃ সমসংখ্যক কার্বনপরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেন (Alkane)-এর ইংরাজী নামের শেষাংশ হইতে —'e'-কে 'oic acid' দ্বারা অর্থাৎ বাংলা বানানে 'অ্যালকেনের' শেষাংশ হইতে —'এন'-কে —'অ্যানোইক অ্যাসিড' দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যালিফেটিক অ্যাসিড বা ফ্যাটি অ্যাসিডের I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী সাধারণ নাম 'অ্যালকানোয়িক অ্যাসিড' (Alkanoic acid) পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে দ্বিবন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের সাধারণ নাম 'অ্যালকিনোয়িক অ্যাসিড' (Alkenoic acid)।

কার্বক্সিলিক মূলকও অ্যালডিহাইডো মূলকের মত একযোজী বলিয়া কার্বনশৃঙ্খলের এক প্রান্তে অবস্থান করে এবং এই মূলকের অন্তর্ভুক্ত কার্বন পরমাণুটিকে (একটিমাত্র—COOH মূলক উপস্থিত থাকিলে) এক নম্বর কার্বন পরমাণু বিবেচনা করিয়া সাধারণত পৃথকভাবে সূচকসংখ্যা উল্লেখ করা হয় না। নিম্নে এই পদ্ধতিতে কতগুলি কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের নাম দেওয়া হইল।

যৌগের গঠন	প্রচলিত বা সাধারণ পদ্ধতিতে নাম	I. U. P. A. C. পদ্ধতিতে নাম
HCOOH	ফর্মিক অ্যাসিড	মিথানোয়িক অ্যাসিড
CH_3COOH	অ্যাসিটিক অ্যাসিড	ইথানোয়িক অ্যাসিড
CH_3CH_2COOH	প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড	প্রোপানোয়িক অ্যাসিড
$CH_3CH_2CH_2COOH$	বিউটিরিক অ্যাসিড	বিউটানোয়িক অ্যাসিড
$\underset{Cl}{CH_2}-COOH$	মনোক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড	2-ক্লোরোইথানোয়িক অ্যাসিড
$\underset{Cl}{\overset{3}{C}H_2}-\underset{Cl}{\overset{2}{C}H}-\overset{1}{C}OOH$	α, β ডাইক্লোরো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড	2, 3-ডাইক্লোরো-প্রোপানোয়িক অ্যাসিড
$\overset{3}{C}H_3-\underset{OH}{\overset{2}{C}H}-\overset{1}{C}OOH$	α হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (ল্যাক্টিক অ্যাসিড)	2-হাইড্রক্সি-প্রোপানোয়িক অ্যাসিড

(.স্বচকসংখ্যা নির্ধারণে —COOH মূলক —OH মূলকের তুলনায় অগ্রাধিকার প্রাপ্ত)

$\underset{Cl}{\overset{3}{C}H_2}-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{2}{C}}}-\overset{1}{C}OOH$	α, α-ডাইমিথাইল β-ক্লোরো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড	3-ক্লোরো-2, 2-ডাইমিথাইল-প্রোপানোয়িক অ্যাসিড
$\overset{3}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}OOH$	অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড	প্রোপ-2-ইনোয়িক অ্যাসিড
$\overset{3}{C}H_2=\underset{CH_3}{\overset{2}{C}}-\overset{1}{C}OOH$	α মিথাইল অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড (মিথাক্রাইলিক অ্যাসিড)	2-মিথাইল-প্রোপ-2-ইনোয়িক অ্যাসিড
$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}OOH$	ক্রোটোনিক অ্যাসিড	বিউট-2-ইনোয়িক অ্যাসিড
$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}O-\overset{1}{C}OOH$	α-কিটো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (পাইরিউভিক অ্যাসিড)	2-কিটো-প্রোপানোয়িক অ্যাসিড বা 2-অক্সো-প্রোপানোয়িক অ্যাসিড
$\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}O\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}OOH$	β-কিটো বিউটিউরিক অ্যাসিড (অ্যাসিটো অ্যাসিটিক অ্যাসিড)	3-কিটো বিউটানোয়িক অ্যাসিড বা 3-অক্সো-বিউটানোয়িক অ্যাসিড

(স্বচক সংখ্যা নির্ধারণে —COOH মূলক >C=O মূলকের তুলনায় অগ্রাধিকারপ্রাপ্ত।)

ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের নামের ক্ষেত্রে ডাই-ওইক শব্দ যোগ করা হয় যেমন ;

HOOC—COOH	$HOOC-CH_2-CH_2-COOH$
প্রচলিত নাম অক্সালিক অ্যাসিড	প্রচলিত নাম সাক্সিনিক অ্যাসিড
I.U.P.A.C. নাম	I.U.P.A.C. নাম
ইথেন-ডাই-ওইক অ্যাসিড	বিউটেন-ডাই-ওইক অ্যাসিড

অপর এক পদ্ধতিতে কার্বক্সিল মূলককে অ্যালকেনের প্রতিস্থাপক হিসাবে গণ্য করিয়া মূল অ্যালকেনের নামের শেষে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড লেখা হয়। যেমন,

$$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H(CH_3)-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2-COOH \qquad \overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H(Cl)-\overset{1}{C}H_2COOH$$

3-মিথাইল-বিউটেন-1-কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড 2-ক্লোরো-প্রোপেন-1-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড

2.14 I.U.P.A.C. নাম হইতে গঠন সঙ্কেত নির্ণয়

I. U. P. A. C. নাম হইতে কোন জৈব যৌগের গঠনসঙ্কেত নির্ণয় করিতে হইলে ; (1) প্রথমত যৌগটি যে অ্যালকেনের জাতক সেই অ্যালকেনের গঠন সঙ্কেত লিখিতে হইবে ; (2) দ্বিতীয়ত অ্যালকেনের কার্বন পরমাণুগুলিকে একপ্রান্ত হইতে 1, 2, 3, 4 করিয়া চিহ্নিত করিতে হইবে এবং (3) পরিশেষে I. U. P. A. C. নাম হইতে প্রাপ্ত কার্যকরী মূলক, প্রতিস্থাপক ও শাখাশৃঙ্খলগুলিকে যথাযোগ্য স্থানে অনুপ্রবিষ্ট করিয়া গঠনসঙ্কেত বাহির করিতে হইবে। যেমন ;

I. U. P. A. C. নাম	যৌগের গঠন সঙ্কেত
(a) 2, 3, 3-ট্রাইমিথাইল-বিউট-1-ইন	মূল অ্যালকেন বিউটেন $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ সূচকচিহ্ন দিয়া $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ বিউট-1-ইন $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}(CH_3)-\overset{3}{C}(CH_3)_2-\overset{4}{C}H_3$
(b) 2, 3-ডাইমিথাইল-1, 3-বিউটা-ডাই-ইন	মূল অ্যালকেন বিউটেন $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ 1 : 3-বিউটা-ডাই-ইন $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}H_2$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}(CH_3)-\overset{3}{C}(CH_3)=CH_2$

I. U. P. A. C. নাম	যৌগের গঠন সঙ্কেত
(c) 3-ব্রোমো-প্রোপ-1-আইন	মূল অ্যালকেন প্রোপেন $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_3$ প্রোপ-1-আইন $\overset{1}{C}H\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{C}H_3$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{1}{C}H\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{C}H_2Br$
(d) 3-ক্লোরো-2-বিউটানল বা 3-ক্লোরো-বিউটান-2-অল	মূল অ্যালকেন বিউটেন $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ বিউটান-2-অল $\overset{1}{C}H_3-\underset{\overset{\vert}{OH}}{\overset{2}{C}H}-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{1}{C}H_2-\underset{\overset{\vert}{OH}}{\overset{2}{C}H}-\underset{\overset{\vert}{Cl}}{\overset{3}{C}H}-\overset{4}{C}H_3$
(e) 2, 2-ডাইমিথাইল প্রোপান-1-অল বা 2, 2-ডাইমিথাইল-1-প্রোপানল	মূল অ্যালকেন প্রোপেন $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_3$ প্রোপান-1-অল $\underset{\overset{\vert}{OH}}{\overset{1}{C}H_2}-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_3$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\underset{\overset{\vert}{OH}}{\overset{1}{C}H_2}-\underset{\overset{\vert}{CH_3}}{\overset{\overset{CH_3}{\vert}}{\overset{2}{C}}}-\overset{3}{C}H_3$
(f) 2-ক্লোরো-3-হাইড্রক্সি-বিউটান-1-অ্যাল অথবা 2-ক্লোরো-3-হাইড্রক্সি-বিউটান্যাল	মূল হাইড্রোকার্বন বিউটেন $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_3$ বিউটান-1-অ্যাল $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}HO$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{4}{C}H_3-\underset{\overset{\vert}{OH}}{\overset{3}{C}H}-\underset{\overset{\vert}{Cl}}{\overset{2}{C}H}-\overset{1}{C}HO$

I. U. P. A. C. নাম	যৌগের গঠন সঙ্কেত
(g) 4-হাইড্রক্সি-পেণ্টান-2-ওন	মূল হাইড্রোকার্বন পেণ্টেন $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3$ পেণ্টান-2 ওন $\overset{1}{C}H_3-\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{2}{C}}-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{1}{C}H_3-\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{2}{C}}-\overset{3}{C}H_2-\underset{\underset{OH}{\vert}}{\overset{4}{C}H}-\overset{5}{C}H_3$
(h) প্রোপান-2-ওন-1-কার্বক্সিলিক-অ্যাসিড	মূল হাইড্রোকার্বন প্রোপেন $\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_3$ প্রোপান-2-ওন $\overset{3}{C}H-\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{2}{C}}-\overset{1}{C}H_3$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{3}{C}H_3-\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{2}{C}}-\overset{1}{C}H_2-COOH$
(i) 2, 2-ডাইক্লোরো-বিউটানোয়িক-অ্যাসিড	মূল হাইড্রোকার্বন বিউটেন $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_3$ বিউটানোয়িক অ্যাসিড $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}OOH$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}Cl_2-\overset{1}{C}OOH$
(j) 2-মিথাইল-বিউট-2-ইনোয়িক-অ্যাসিড	মূল হাইড্রোকার্বন বিউটেন $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_3$ বিউট-2-ইন $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}H_3$ বিউট-2 ইনোয়িক অ্যাসিড $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}OOH$ উদ্দিষ্ট যৌগ $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{\overset{2}{C}}-\overset{1}{C}OOH$

2.15 সমাবয়বতা বা সমাংশধর্মিতা (Isomerism)

জৈব যৌগের বৈশিষ্ট সম্পর্কে আলোচনাকালে সমাবয়বতা সম্পর্কে ইতিপূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। একই আণবিক সঙ্কেতযুক্ত যে সব যৌগ গঠনবিন্যাস ও ধর্মে ভিন্নতা প্রদর্শন করে তাহাদের **সমাবয়বী বা সমাংশধর্মী** (Isomers) এবং উপরোক্ত ঘটনাকে **সমাবয়বতা বা সমাংশধর্মিতা** (Isomerism) বলা হয়।

সাধারণত জৈব যৌগই সমাবয়বতা প্রদর্শন করে। অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে সমাবয়বতার ঘটনা খুবই সীমিত। সমাবয়বতাকে প্রধানত দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় (a) গঠনঘটিত সমাবয়বতা (Structural isomerism) এবং (b) ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Stereoisomerism)। গঠনঘটিত সমাবয়বতাকে আবার চারটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় ;

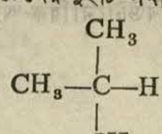
(1) শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা (Chain isomerism) ; (2) অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা (Position isomerism) ; (3) কার্যকরী মূলক সমাবয়বতা (Functional group isomerism) এবং (4) মেটামারিজম (Metamerism)। একইরূপে ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতাকেও দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় ;

(1) জ্যামিতিক সমাবয়বতা (Geometric isomerism) এবং (2) আলোক-ঘটিত সমাবয়বতা (Optical isomerism)।

(a) গঠনঘটিত সমাবয়বতা

(1) **শৃঙ্খলঘটিত অথবা কেন্দ্রকীয় সমাবয়বতা (Chain or nuclear isomerism) :** অণুর কার্বন শৃঙ্খলে কার্বন-পরমাণুগুলি বিভিন্ন ক্রমে উপস্থিত থাকিলে শৃঙ্খলঘটিত (বা কেন্দ্রকীয়) সমাবয়বতার উদ্ভব হয়। বিউটেনের দুইটি সমাবয়বী

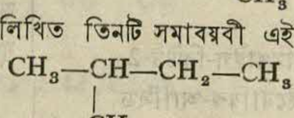
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ (নর্মাল বিউটেন) এবং



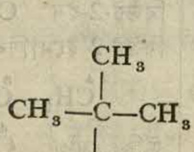
(আইসো বিউটেন) অথবা পেন্টেনের নিম্নলিখিত তিনটি সমাবয়বী এই প্রকার

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$

নর্মাল পেন্টেন



আইসো পেন্টেন



নিয়ো পেন্টেন

সমাবয়বতার নিদর্শন।

(2) অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা (Position isomerism) : কার্বন-শৃঙ্খলে উপস্থিত বিভিন্ন অবস্থানের কার্বন পরমাণুর সহিত একই প্রকার কার্যকরী মূলক যুক্ত হইয়া যে ধরনের সমাবয়বতা সৃষ্টি করে, তাহাই অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা। যেমন, $CH_3—CH_2—CH_2—OH$ এবং $CH_3—CH(OH)—CH_3$

নর্মাল প্রোপাইল অ্যালকোহল আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল

উভয় যৌগের মধ্যেই কার্যকরী মূলক হিসাবে হাইড্রক্সিল মূলক উপস্থিত, কিন্তু ঐ মূলকটি প্রথম যৌগে প্রান্তিক কার্বন পরমাণুর সহিত এবং দ্বিতীয় যৌগে একটি শাখাশৃঙ্খলসমন্বিত কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত।

বিউটাইল অ্যালকোহলগুলির মধ্যেও অনুরূপ সমাবয়বতা বর্তমান।

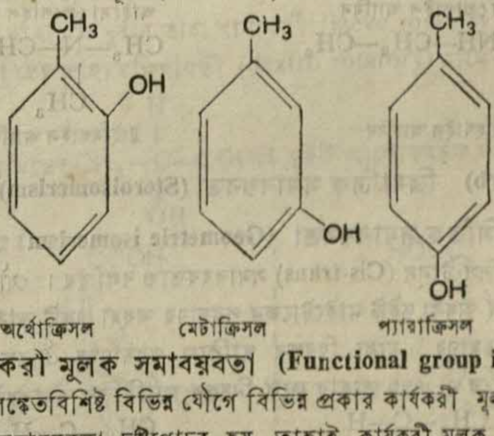
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—OH$ $CH_3—CH(CH_3)—CH_2—OH$

নর্মাল বিউটাইল অ্যালকোহল আইসো বিউটাইল অ্যালকোহল

$CH_3—C(CH_3)_2—OH$ $CH_3—CH_2—CH(OH)—CH_3$

টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল সেকেণ্ডারি বিউটাইল অ্যালকোহল

উপরি-উক্ত চারটি যৌগই অবস্থানঘটিত সমাবয়বী। আবার অ্যারোমেটিক যৌগের বেঞ্জিন কেন্দ্রকে কার্যকরী মূলক বা প্রতিস্থাপকের বিভিন্ন অবস্থানের জন্যও অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা উদ্ভূত হয়। যেমন,



অর্থোক্রিসল মেটাক্রিসল প্যারাক্রিসল

(3) কার্যকরী মূলক সমাবয়বতা (Functional group isomerism) : একই আণবিক সঙ্কেতবিশিষ্ট বিভিন্ন যৌগে বিভিন্ন প্রকার কার্যকরী মূলক থাকিবার জন্য যে প্রকার সমাবয়বতা দৃষ্টিগোচর হয় তাহাই কার্যকরী মূলক সমাবয়বতা। এই শ্রেণীভুক্ত সমাবয়বীগুলির মধ্যে ভিন্ন ভিন্ন কার্যকরী মূলক থাকিবার জন্য, উহারা সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী এবং বিভিন্ন সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত। যেমন,

ইথাইল অ্যালকোহল $CH_3—CH_2—OH$ (কার্যকরী মূলক ;—OH)
এবং ডাইমিথাইল ইথার $CH_3—O—CH_3$ (কার্যকরী মূলক ;—O—) ;
অ্যাসিটোন $CH_3—CO—CH_3$ (কার্যকরী মূলক ; কিটো $>C=O$)
এবং প্রপিয়োন্যালডিহাইড $CH_3—CH_2—CHO$ (কার্যকরী মূলক—CHO) ;
নর্মাল বিউটিরিক অ্যাসিড $CH_3—CH_2—CH_2—COOH$
(কার্যকরী মূলক—COOH)
এবং ইথাইল অ্যাসিটেট $CH_3COOC_2H_5$ (কার্যকরী মূলক—COOR) ইত্যাদি

(4) মেটামারিজিম (Metamerism) : মেটামারিজম একপ্রকার গঠনভিত্তিক সমাবয়বতা। এই প্রকার সমাবয়বী যৌগগুলি একই সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত এবং একটি দ্বিযোজী অথবা বহুযোজী মূলক বা পরমাণুর সহিত বিভিন্ন অ্যালকিল মূলকের সংযুক্তির ফলে উদ্ভূত। যেমন ইথার সমগণীয় শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত নিম্নলিখিত ইথারগুলি মেটামারিক (Metamoric)।

$CH_3—CH_2—O—CH_2—CH_3$
ডাইইথাইল ইথার

$CH_3—O—CH_2—CH_2—CH_3$
মিথাইল নর্মাল প্রোপাইল ইথার

$CH_3—O—CH—CH_3$
|
CH_3
মিথাইল আইসো প্রোপাইল ইথার

আবার অ্যামিন সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত নিম্নলিখিত যৌগগুলিও মেটামারিক।

$CH_3—CH_2—CH_2—NH_2$
নর্মাল প্রোপাইল অ্যামিন

$CH_3—CH—NH_2$
|
CH_3
আইসো প্রোপাইল অ্যামিন

$CH_3-NH—CH_2—CH_3$
মিথাইল ইথাইল অ্যামিন

$CH_3—N—CH_3$
|
CH_3
ট্রাইমিথাইল অ্যামিন

(b) ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Steroisomerism)

(1) জ্যামিতিক সমাবয়বতা (Geometric isomerism) : এই প্রকার সমাবয়বতাকে সিস্-ট্রান্স (Cis-trans) সমাবয়বতাও বলা হয়। যৌগ অণুতে দুইটি কার্বন পরমাণুর (অথবা দুইটি নাইট্রোজেন পরমাণুর অথবা একটি কার্বন ও আরেকটি নাইট্রোজেন পরমাণুর) মধ্যে দ্বিবন্ধন থাকিলে পরমাণুদ্বয় ঐ বন্ধনের চারিদিকে ঘূর্ণিত হইতে পারে না এবং তাহার ফলে নিম্নরূপ জ্যামিতিক সমাবয়বী উৎপন্ন হয়।

$CH_3—C—H$
||
$CH_3—C—H$
সিস 2-বিউটিন

$CH_3—C-H$
||
$H—C—CH_3$
ট্রান্স 2-বিউটিন

সিস যৌগে দুইটি একই প্রকার মূলক বা পরমাণু দ্বিবন্ধনের একই পার্শ্বে এবং ট্রান্স যৌগে বিপরীত পার্শ্বে অবস্থান করে।

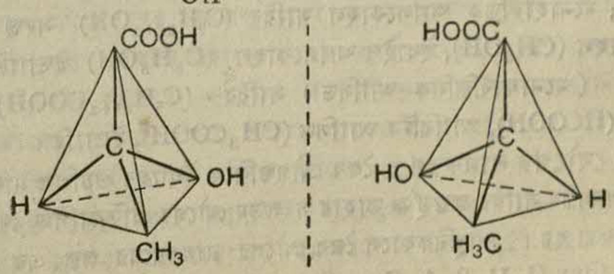
জ্যামিতিক সমাবয়তার আরেক উদাহরণ ম্যালেইক (Maleic) অ্যাসিড ও ফিউম্যারিক (Fumaric) অ্যাসিডের মধ্যে সমাবয়তা।

$$\begin{array}{c} H\text{—}C\text{—}COOH \\ \| \\ H\text{—}C\text{—}COOH \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{c} H\text{—}C\text{—}COOH \\ \| \\ HOOC\text{—}C\text{—}H \end{array}$$

ম্যালেইক অ্যাসিড (সিস) ফিউম্যারিক অ্যাসিড (ট্রান্স)

(2) আলোকঘটিত সমাবয়বতা (Optical isomerism) : যৌগ অণুতে কোন কার্বন পরমাণু সংলগ্ন চারিটি যোজ্যতা বন্ধনের সহিত চারিটি বিভিন্ন পরমাণু বা মূলক সংযুক্ত থাকিলে কার্বন পরমাণুটিকে অপ্রতিসম (asymmetric) কার্বন পরমাণু বলে এবং ঐরূপ যৌগ সমবর্তিত (polarised) আলোকরশ্মির তলকে ঘুরাইয়া দিতে পারে। অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুযুক্ত যৌগের এই আচরণকে আলোক সক্রিয়তা (optical activity) বলা হয়। অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে সংযুক্ত চারিটি বিভিন্ন মূলক বা পরমাণু ত্রিমাত্রিক স্থানে এমন দুইটি বিভিন্ন ক্রমে অবস্থান করিতে পারে, যাহার ফলে একটির বিন্যাস অপরটির দর্পণ প্রতিবিম্ব হইয়া উঠে এবং সংশ্লিষ্ট যৌগদুটির আলোক সক্রিয়তা বিভিন্ন হইয়া যায়। একটি যৌগ সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলকে বামদিকে অর্থাৎ ঘড়ির কাঁটার গতির বিপরীত দিকে, ঘুরাইতে সক্ষম হয়। অন্যটি ঐ তলকে ডানদিকে, অর্থাৎ ঘড়ির কাঁটার গতির অভিমুখে ঘুরাইয়া দেয়। ইহার ফলে যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাহাকে আলোকঘটিত সমাবয়বতা (optical isomerism) বলে। যে যৌগ সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে বামদিকে ঘুরায় তাহা বামাবর্তী (laevo rotatory) এবং যে দক্ষিণ দিকে ঘুরাইয়া দেয় তাহা দক্ষিণাবর্তী (dextro rotatory) নামে পরিচিত। যেমন,

ল্যাকটিক অ্যাসিডের $\begin{array}{c} H \\ | \\ CH_3\text{—}C\text{—}COOH \\ | \\ OH \end{array}$ দুইটি আলোকঘটিত সমাবয়বী রূপ।



চিত্র 2.1

দক্ষিণাবর্তী ল্যাকটিক অ্যাসিড, বামাবর্তী ল্যাকটিক এ্যাসিড

সার-সংক্ষেপ

মূলক বা পরমাণুজোট : অনেক সময় যৌগ অণুর মধ্যে একাধিক মৌলের পরমাণু একত্রে সঙ্ঘবদ্ধ অবস্থায় থাকিয়া যৌগটির বহু বৈশিষ্ট্যসূচক ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে এবং বহুপ্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিকৃত থাকিয়া একটিমাত্র পরমাণুর মত আচরণ করে। এইরূপ পরমাণু সমষ্টিকে মূলক বা পরমাণুজোট বলে।

জৈব যৌগে সাধারণত দুই প্রকার মূলকের সাক্ষাৎ পাওয়া যায় (1) জৈব মূলক এবং (2) কার্যকরীমূলক। অধিকাংশ জৈবমূলক হাইড্রোকার্বন জাতক, যেমন মিথাইল (CH_3—), ইথাইল (C_2H_5—), আইসোপ্রোপাইল ($CH_3 \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}$—), মিথিলিন (—$CH_2$—), ইথিলিন (—$C_2H_4$—) ইত্যাদি। কার্যকরীমূলক জৈব যৌগে উপস্থিত থাকিয়া উহাদের রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে, যেমন, হাইড্রক্সিল (—OH), কার্বনিল ($>C=O$); কার্বক্সিল ($-C\overset{\nearrow O}{-OH}$), অ্যামিনো (—$NH_2$), অ্যামিডো ($-C\overset{\nearrow O}{-NH_2}$), নাইট্রো (—$NO_2$), সায়ানো (—$C\equiv N$) ইত্যাদি।

জৈবযৌগের শ্রেণীবিভাগ : জৈব যৌগগুলিকে উহাদের রাসায়নিক ধর্ম ও কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে কতগুলি সমগণীয় সারিতে বিভক্ত করা হইয়াছে। একই সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত যৌগগুলি অভিন্ন মৌলের সমবায়ে গঠিত একটি সাধারণ সঙ্কেতে প্রকাশযোগ্য, একই প্রকার কার্যকরী মূলকযুক্ত (অবশ্য অ্যালকেন সমগণীয় সারিতে কোনপ্রকার কার্যকরী মূলক থাকে না) রাসায়নিক ধর্মে সদৃশ ও ভৌত ধর্মে নির্দিষ্ট ক্রমবিশিষ্ট এবং উহাদের দুইটি পার্শ্ববর্তী সদস্যদের মধ্যে CH_2 পরমাণুপুঞ্জের ব্যবধান থাকে যেমন, প্যারাফিন বা অ্যালকেন সারির (C_nH_{2n+2}) সদস্য মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6) ইত্যাদি; ওলেফিন বা অ্যালকিন সারির (C_nH_{2n}) সদস্য ইথিলিন (C_2H_4), প্রোপিলিন (C_3H_6) ইত্যাদি; মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল সারির ($C_nH_{2n+1}OH$) সদস্য মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH), ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH) ইত্যাদি; ফ্যাটি অ্যাসিড (মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড) সারির ($C_nH_{2n+1}COOH$) ফর্মিক অ্যাসিড (HCOOH), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), ইত্যাদি।

জৈব যৌগের নামকরণ : জৈব যৌগগুলিকে উহাদের প্রচলিত নাম ছাড়াও উহা যে সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত তাহার সরলতম যৌগের প্রতিস্থাপিত যৌগরূপেও নামকরণ করা হয়। আধুনিককালে জৈব যৌগের নামকরণের জন্য এক সুসংহত ঐক্যবদ্ধ নিয়ম (I. U. P. A. C. পদ্ধতি) গড়িয়া তোলা হইয়াছে। এই পদ্ধতি অনুযায়ী ;

(1) যৌগটির গঠন কাঠামোকে এরূপে সাজাইতে হইবে যাহাতে দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খল উৎপন্ন হয় এবং নামকরণের ভিত্তি হইবে ঐ দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খলে উপস্থিত কার্বন সংখ্যাযুক্ত হাইড্রোকার্বনের নাম।

(2) দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খলে উপস্থিত কার্বন পরমাণুগুলিকে একপ্রান্ত হইতে 1, 2, 3 ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা এমনভাবে চিহ্নিত করিতে হইবে যাহাতে কার্যকরী মূলক, প্রতিস্থাপক বা শাখাশৃঙ্খল নিম্নতম সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত কার্বনের সহিত যুক্ত থাকে। কার্যকরী মূলকে কার্বন থাকিলে অবশ্যই উহাকে শৃঙ্খল কাঠামোর অন্তর্ভুক্ত করিতে হইবে। অগ্রাধিকারের হিসাবে কার্যকরী মূলক > প্রতিস্থাপক > শাখাশৃঙ্খল। আবার একাধিক কার্যকরীমূলকের উপস্থিতির ক্ষেত্রে (—COOH) > (—CHO) > (>C=O) > (—OH) > দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন। কার্যকরীমূলক, প্রতিস্থাপক বা শাখা-শৃঙ্খলের নামের সহিত সর্বদা সংশ্লিষ্ট কার্বনের সূচক সংখ্যা ব্যবহার করিতে হইবে।

(3) হাইড্রোকার্বনের নামের প্রথম অংশকে (মূল পদাংশ) শৃঙ্খলে কার্বন সংখ্যার নির্দেশক এবং শেষাংশকে (মুখ্যপদাংশ) কার্বনশৃঙ্খলের চরিত্রের (সম্পৃক্ত, দ্বিবন্ধনযুক্ত বা ত্রিবন্ধনযুক্ত) সূচক হিসাবে ধরিতে হইবে। এই মুখ্য পদাংশ সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের ক্ষেত্রে—এন, দ্বিবন্ধনযুক্তের ক্ষেত্রে—ইন এবং ত্রিবন্ধনযুক্তের ক্ষেত্রে —আইন।

(4) অন্যান্য যৌগের ক্ষেত্রে উপস্থিত কার্যকরীমূলক অনুযায়ী মুখ্য পদাংশের শেষে গৌণ পদাংশ বসাইতে হইবে যাহা (—OH)-এর ক্ষেত্রে (—অল), (—CHO)-এর ক্ষেত্রে (—অ্যাল), (>C=O)-এর ক্ষেত্রে (—ওন) এবং (—COOH)-এর ক্ষেত্রে (—ওইক অ্যাসিড)।

(5) কার্যকরী মূলকের বৈশিষ্ট্যসূচক পদাংশ যেমন সংশ্লিষ্ট কার্বনের সূচক-সংখ্যার সহিত নামের শেষাংশে বসাইতে হইবে, তেমনি প্রতিস্থাপক শাখা-শৃঙ্খলকে অ্যালকিল মূলক হিসাবে সংশ্লিষ্ট কার্বনের সূচকসংখ্যার সহিত নামের পূর্বে বসাইতে হইবে। একাধিক একইরূপ শাখাশৃঙ্খল থাকিলে অ্যালকিল মূলকের নামের পূর্বে তাহার সংখ্যাসূচক ডাই, ট্রাই, ইত্যাদি বসাইতে হইবে। প্রতিস্থাপক হ্যালোজেন প্রতিস্থাপকের ক্ষেত্রেও একই নিয়ম প্রযোজ্য হইবে। প্রতিস্থাপক অথবা শাখাশৃঙ্খল মূলককে উহাদের নামের আদ্যাক্ষরের ইংরাজী বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী লিখিতে হইবে। একাধিক কার্যকরী মূলক থাকিলে অগ্রাধিকার-প্রাপ্ত মূলককে নামের শেষাংশে এবং অপ্রধান মূলকগুলিকে প্রতিস্থাপক হিসাবে গণ্য করিয়া নামের পূর্বে স্থাপন করিতে হইবে।

সমাবয়বতা : একই আণবিক সঙ্কেতযুক্ত যে-সব যৌগ গঠনবিন্যাস ও ধর্মে ভিন্নতা প্রদর্শন করে তাহাদের সমাবয়বী বা সমাংশধর্মী এবং উপরি-উক্ত ঘটনাকে সমাবয়বতা বা সমাংশধর্মিতা বলে।

সমাবয়বতা (isomerism)

- গঠনঘটিত (structural)
  - শৃঙ্খলঘটিত
  - অবস্থানঘটিত
  - কার্যকরীমূলক
  - মেটামারিজম
- ত্রিমাত্রিক (stereo)
  - জ্যামিতিক
  - আলোকঘটিত

(1) **শৃঙ্খলঘটিত :** অণুর কার্বন পরমাণু বিভিন্ন ক্রমে উপস্থিত থাকে ; যেমন, নর্মালবিউটেন ($CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$) এবং আইসোবিউটেন $(CH_3)_3CH$ ।

(2) **অবস্থানঘটিত :** কার্বনশৃঙ্খলে উপস্থিত বিভিন্ন অবস্থানের কার্বনপরমাণুর সহিত একই কার্যকরী মূলক উপস্থিত থাকে। যেমন নর্মাল প্রোপাইল অ্যালকোহল ($CH_3CH_2CH_2OH$) ও আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল [$CH_3CH(OH)CH_3$]

(3) **কার্যকরীমূলক সমাবয়বতা :** একই আণবিক সঙ্কেতের বিভিন্ন যৌগে বিভিন্ন কার্যকরী মূলক উপস্থিত থাকে। যেমন ইথাইল অ্যালকোহল ($CH_3.CH_2.OH$) ও ডাইমিথাইল ইথার ($CH_3.O.CH_3$)।

(4) **মেটামারিজম :** একটি দ্বিযোজী অথবা বহুযোজী মূলকের সহিত বিভিন্ন অ্যালকিল মূলক উপস্থিত থাকে। যেমন, ডাই-ইথাইল ইথার ($CH_3.CH_2—O—CH_2CH_3$) ও মিথাইল নর্মাল প্রোপাইল ইথার ($CH_3—O—CH_2CH_2CH_3$)

(5) **জ্যামিতিক সমাবয়বতা :** C এবং C-এর মধ্যে দ্বিবন্ধন থাকিলে বন্ধনের চারিপাশে কার্বন পরমাণুর ঘূর্ণনক্ষমতা লোপের ফলে সৃষ্ট হয়। যেমন,

```
H—C—COOH  ম্যালেইক অ্যাসিড     HOOC—C—H  ফিউম্যারিক অ্যাসিড
  ||                                 ||
H—C—COOH  সিস গঠন                H—C—COOH  ট্রান্স গঠন
```

(6) **আলোকঘটিত সমাবয়বতা :** অপ্রতিসম কার্বনে সংযুক্ত চারিটি মূলক ত্রিমাত্রিক স্থানে যদি এমন দুই ভিন্ন ক্রমে সজ্জিত থাকে যাহার ফলে একটির বিন্যাস অপরটির দর্পণ প্রতিবিম্ব হইয়া উঠে তাহা হইলে সংশ্লিষ্ট যৌগ দুইটির সমবর্তিত আলোক তলকে ঘূর্ণিত করার ক্ষমতা ভিন্ন হয় এবং তাহাদের আলোক-ঘটিত সমাবয়বী যৌগ বলে যেমন, ল্যাকটিক অ্যাসিডের [$CH_3CH(OH)COOH$] দুইটি সমাবয়বী-ডেক্সট্রো বা দক্ষিণাবর্তী এবং লেভো বা বামাবর্তী।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. (a) ক্রিয়াশীল মূলক বলিতে কি বুঝায় ? কয়েকটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [Tripura '81, H. S. '81]

(b) কয়েকটি বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগের কারকপুঞ্জের নাম ও গঠন লিখ। [Tripura '79]

(c) জৈব মূলক যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অপরিবর্তিত থাকে তাহা উদাহরণ-যোগে বুঝাইয়া দাও।

2. (a) সমগণীয় সারি বলিতে কি বুঝ? উদাহরণ দাও। [H. S. '79, Tripura '81]

(b) অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন, অ্যালডিহাইড ও অ্যাসিডের সমগণীয় শ্রেণীর সাধারণ সঙ্কেত লিখ। [Tripura '79]

3. অ্যালকোহলের মধ্যে কোন্ কার্যকরী মূলক থাকে? অ্যালকোহলের শ্রেণীবিভাগ সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলিকে কিভাবে শ্রেণীবিভাগ করা হইয়াছে?

4. $C_4H_{10}O$ আণবিক সঙ্কেতবিশিষ্ট সকল যৌগগুলির আণবিক গঠন ও নাম লিখ। [H. S. '79]

সমাবয়বতা কাহাকে বলে? সমাবয়বতা কয় প্রকার? প্রত্যেকের উদাহরণ দাও।

5. নিম্নলিখিত যৌগগুলির I.U.P.A.C. (জেনিভা) নাম লিখ:

(a) $\begin{array}{l} CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \end{array}$ (b) $CH_2=CH-CH=CH_2$

(c) $CH_3-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-CH_2CH_3$ (d) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>CH-COOH$ [H. S. '78]

(e) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-OH$ [Tripura '78]

(f) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH=CH_2$ (g) $CH\equiv CH$ [Tripura '80]

(h) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-COOH$ [H. S. '79, Tripura '79, '82]

(i) CH_3-NH_2 [Tripura '81]

(j) $CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_2-COOH$ [Tripura '82]

(k) $CH_3-\overset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{|}{C}}-CH_2Cl$ (l) $CH_2=\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}$

(m) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CHO$

(n) $CH_3-CO-CH_2-CH_3$ [H. S. '80]

(o) $CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH_3$

(p) $CH_3-\overset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{|}{\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}}}-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}}}$

(q) $CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CHBr_2$ (r) $CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-COOH$

(s) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-C\equiv CH$ (t) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-COOH$

6. গঠন সঙ্কেত লিখ : টেট্রাইথাইল মিথেন, অ্যাসিট্যামাইড (Tripura 1981)। বিউট—1—ইন ও বিউট-2-ইন ; বিউট—1—আইন ও বিউট- 2-আইন (H. S. '82)। অর্থো, মেটা ও প্যারা ক্লোরোটলুইন (Tripura '79); ডাই-ইথাইল ইথার (Tripura '82)। অর্থো, মেটা ও প্যারা ডাইনাইট্রো বেঞ্জিন (Tripura '82)। আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল (Tripura '79)। ইথাইল অ্যাসিটেট, ইথিলিডিন ক্লোরাইড (Tripura 80, 82)। ইথান্যাল, মিথানোয়িক অ্যাসিড, মিথোক্সি ইথেন। 2-মিথাইল-প্রোপ-1-ইন ; 2-ক্লোরো-1, 3 বিউটা-ডাইইন ; 2-ইথাইল-3-মিথাইল-বিউটান্যাল ; 3-মিথাইল-বিউটান-2-ওন।

7. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ : (a) সমাংশধর্মিতা (H. S. '78) ; (b) সমগণীয় গোষ্ঠী (H. S. ; 79, 81) ; (c) সংযুতি (structural) সমাংশধর্মিতা (Tripura '81) (d) ক্যাটেনেশন (Tripura '81) (e) মেটামারিজম (H. S. '81, J. E. '81) ; (f) জৈবমূলক ও কার্যকরী মূলক (g) সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগ।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. ব্যাখ্যা কর :

(a) জৈবমূলক ও কার্যকরী মূলকের মধ্যে সাধারণত কোন্‌টি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে ?

(b) একযোজী জৈব মূলকগুলিকে অ্যালকিল মূলক বলা হয় কেন ?

(c) একটি সমগণীয় শ্রেণীর মধ্যে কি একই প্রকার কার্যকরী মূলক থাকে ?

(d) অ্যামিন ও অ্যালডিহাইড সারির কার্যকরী মূলকের সঙ্কেত কি ?

(e) হাইড্রোকার্বন কি ?

(f) অ্যালকিন ও অ্যালকাইন সারির যৌগের কার্যকরীমূলকে পার্থক্য কি ?

(g) দ্বিবন্ধ ও ত্রিবন্ধযুক্ত যৌগের সক্রিয়তার কারণ কি ?

(h) প্রাইমারি, সেকেণ্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলগুলির মধ্যে কোন্‌টিকে কার্বনশৃঙ্খল অটুট রাখিয়া জারণ করা যায় না ?

(i) কোন্ প্রকার অ্যালকোহলের জারণের ফলে কিটোন পাওয়া যায় ?

(j) মিশ্র কিটোন ও সরল কিটোনে পার্থক্য কি ?

(k) অ্যাসাইল (acyl) মূলক কাহাকে বলে ?

(l) ফ্যাটি অ্যাসিড বলিতে কোন্ ধরনের অ্যাসিড বুঝায় ?

(m) সমগণীয় সারি কাহাকে বলে ?

(n) সমাবয়বী যৌগ কাহাদের বলে ?

(o) মেটামারিজম কি ? উদাহরণ দাও।

(p) জ্যামিতিক সমাবয়বতার একটি উদাহরণ দাও।

(q) কোন্ প্রকার যৌগ আলোক সক্রিয়তা দেখাইতে পারে ? আলোক সক্রিয় একটি যৌগের নাম ও সঙ্কেত লিখ।

(r) $CH_3COCH_2CH_3$ যৌগটিকে প্রাচীন মতে ও **I. U. P. A. C.** মতে কি বলা হয় ? (Tripura '79)

2. শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(a) IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণকালে যৌগের গঠনকাঠামো এরূপে সাজাইতে হইবে যাহাতে — কার্বনশৃঙ্খল উৎপন্ন হয়। (b) দুই প্রান্ত হইতে একই দূরত্বে বিভিন্ন শাখাশৃঙ্খল উপস্থিত থাকিলে—শাখাশৃঙ্খলের নিকটতম প্রান্তের কার্বনকে এক নম্বর হিসাবে সূচিত করিতে হইবে। (c) একই সঙ্গে প্রতিস্থাপক ও কার্যকরী মূলক উপস্থিত থাকিলে — অগ্রাধিকার দিতে হইবে। (d) হাইড্রোকার্বনের নামের — কার্বনশৃঙ্খলের চরিত্রের সূচক হিসাবে গ্রহণ করিতে হইবে। (e) কার্যকরী মূলক অনুযায়ী — পদাংশের শেষে—পদাংশ যোগ করিতে হইবে। (f) প্রতিস্থাপক শাখাশৃঙ্খলকে অ্যালকিল মূলক হিসাবে সংশ্লিষ্ট কার্বনের সূচক সংখ্যার সহিত নামের — বসাইতে হইবে। (g) প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে প্রোপেনের নাম—, নর্মাল বিউটেনের নাম — এবং আইসোবিউটেনের নাম —।

৩

মুক্ত শৃঙ্খল বা অ্যালিফেটিক যৌগ
(OPENCHAIN OR ALIPHATIC COMPOUND)

[Syllabus: Chemistry of aliphatic compounds (In each case general methods of preparation and general properties with reactions should be illustrated using the following typical examples.)

(a) Saturated hydrocarbons: Methane and Ethane ; (b) Unsaturated hydrocarbons: Ethylene and Acetylene (Planiarity of ethylene and linearity of acetylene to be discussed): (c) Halogen derivatives: Chloroform Iodoform ; (d) Alcohol: Methyl alcohol and Ethyl alcohol, Fermentation : (e) Ether: Diethyl ether ; (f) Aldehydes and ketones: Formaldehyde, Acetone : (g) Acids: Formic, Acetic and Oxalic acids: (h) Acid derivatives: Acetyl chloride, Acetamide, Acetic anhydride ; (i) Esters: Ethylacetate and Ethyl hydrogen sulphate]

3.1 সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন (Saturated Aliphatic Hydrocarbons)

সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনগুলি অ্যালকেন নামে পরিচিত। সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনগুলিকে, উহাদের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনীহার জন্য, প্যারাফিন (Paraffins) নামেও অভিহিত করা হয় (ল্যাটিনে parum = কম, affinis = সক্রিয়তা)। এই সমগণীয় সারির হাইড্রোকার্বনগুলির সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+2}

3.2 সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) **অ্যালকিল হ্যালাইড হইতে:** (a) **ভুর্ৎস বিক্রিয়া (Wurtz reaction)** সাধারণ উষ্ণতায় অ্যালকিল ব্রোমাইড বা আয়োডাইডকে শুষ্ক ইথারে দ্রবীভূত করিয়া ধাতব সোডিয়াম খণ্ড যোগ করিলে অ্যালকেন পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{মিথাইল আয়োডাইড}}{2CH_3I} + 2Na \rightarrow \underset{\text{ইথেন}}{C_2H_6} + 2NaI$$

উৎপন্ন হাইড্রোকার্বনে কার্বনপরমাণুর সংখ্যা ব্যবহৃত অ্যালকিল হ্যালাইডের কার্বন পরমাণু-সংখ্যার দ্বিগুণ হয়। বিক্রিয়ায় একটির পরিবর্তে দুইটি অ্যালকিল হ্যালাইড ব্যবহৃত হইলে তিন প্রকার হাইড্রোকার্বন পাওয়া যায়;

$$R—I + R'—I + 2Na \rightarrow R—R' + 2NaI\ ;\ 2R—I + 2Na \rightarrow R—R + 2NaI$$
$$2R'I + 2Na \rightarrow R'—R' + 2NaI$$

(b) **জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ:** অ্যালুমিনিয়াম পারদ-সংকর অথবা জিঙ্ক-কপার যুগলের সহিত অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় অথবা জিঙ্কচূর্ণ ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, তাহা অ্যালকিল হ্যালাইডকে বিজারিত করিয়া অ্যালকেনে পরিণত করে;

$RX+2[H] \rightarrow R-H+HX$ এই বিক্রিয়ার সাহায্যে মিথাইল আয়োডাইড হইতে মিথেন অথবা ইথাইল আয়োডাইড হইতে ইথেন (অর্থাৎ অ্যালকিল হ্যালাইডে উপস্থিত কার্বনসংখ্যার সমসংখ্যক কার্বনপরমাণু বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন) প্রস্তুত করা যায়।

(c) **গ্রিগনার্ড বিকারকের (Grignard's reagent) সাহায্যে:** অ্যালকিল হ্যালাইডকে শুষ্ক ইথারে দ্রবীভূত করিয়া, পরিষ্কৃত ও শুষ্ক ম্যাগনেসিয়াম খণ্ডের সহিত বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম অ্যালকিল হ্যালাইডে পরিণত করা যায়।

$RX+Mg \longrightarrow R-Mg-X$ (গ্রিগনার্ড বিকারক)

গ্রিগনার্ড বিকারক নামে পরিচিত উক্ত অ্যালকিল হ্যালাইডের সহিত জল বা অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হয়; যেমন,

$$CH_3I+Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} CH_3MgI \xrightarrow{HOH} CH_4+MgIOH$$

$$C_2H_5Br+Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} C_2H_5MgBr \xrightarrow{ROH} C_2H_6+Mg(OR)Br$$

(d) অ্যালকিল হ্যালাইডকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সহিত বদ্ধ নলের মধ্যে লইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যালকেন পাওয়া যায়;

$$RI+HI \longrightarrow R-H+I_2$$

(e) প্লাটিনাম, নিকেল ইত্যাদি অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালকিল হ্যালাইডকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়াও অ্যালকেনে পরিণত করা যায়;

$$RI+H_2 \underset{\text{উত্তাপ}}{\xrightarrow{Pt}} R-H+HI$$

(2) **ফ্যাটি অ্যাসিড হইতে: (a) কার্বক্সিলমূলক বিচ্ছিন্নকরণ (Decarboxylation) পদ্ধতি:** ফ্যাটি অ্যাসিডের অনার্দ্র সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) লবণের সহিত সোডা-লাইম (কস্টিকসোডা ও ফোটানো চুনের মিশ্রণ) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে, ফ্যাটি অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় এবং ফ্যাটি অ্যাসিডের কার্বনসংখ্যা অপেক্ষা একটি কম কার্বনসংখ্যাবিশিষ্ট অ্যালকেন উৎপন্ন হয়; $RCOONa+NaOH \rightarrow RH+Na_2CO_3$

(b) **কোল্ব সংশ্লেষণ (Kolbe synthesis):** এই পদ্ধতিতে ফ্যাটি অ্যাসিডের পটাসিয়াম লবণের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়;

$$R-COOK \rightleftharpoons RCOO^-+K^+ ; H_2O \rightleftharpoons H^++OH^-$$

ক্যাথোডে ধনাত্মক আধানযুক্ত H^+ এবং K^+ আকর্ষিত হয় এবং H^+ এর মুক্তি-বিভব তুলনামূলকভাবে কম বলিয়া উহা প্রথমে হাইড্রোজেন পরমাণু ও পরে হাইড্রোজেন অণুতে রূপান্তরিত হয়; $H^++e \rightarrow [H]$; $2[H] \rightarrow H_2$।

(5) **নাইট্রেশন :** উচ্চ তাপমাত্রায় (420°C) নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প অ্যালকেনের সহিত বিক্রিয়া করে ; অ্যালকেনের হাইড্রোজেন নাইট্রোমূলক ($—NO_2$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যেমন $CH_4 + HNO_3 \xrightarrow{420°C} CH_3NO_2 + H_2O$। তবে উচ্চতর হাইড্রোকার্বনের ক্ষেত্রে কার্বন শৃঙ্খল ছিন্ন হইয়া কয়েকটি খণ্ডে পরিণত হইতেও পারে। যেমন প্রোপেনের নাইট্রেশনের ফলে 1-নাইট্রোপ্রোপেন ও 2-নাইট্রোপ্রোপেনের সহিত নাইট্রোমিথেন ও নাইট্রোইথেনও উৎপন্ন হয়।

(6) **ক্র্যাকিং (Cracking) বা তাপবিভাজন :** অনুঘটকের উপস্থিতিতে অথবা উপস্থিতি ব্যতীত উচ্চতর আণবিক গুরুত্বের হাইড্রোকার্বনকে প্রয়োজনীয় উষ্ণতার (450° – 600°C) উত্তপ্ত করিলে উহার কার্বনশৃঙ্খল ছিন্ন হইয়া ক্ষুদ্রতর কার্বনশৃঙ্খলের অ্যালকেন ও অ্যালকিন উৎপন্ন করে।

$$C_{29}H_{60} \text{ বা } C_7H_{15}—C_{15}H_{30}—C_7H_{15} \xrightarrow{\Delta} C_7H_{16} + C_{14}H_{28}{=}CH_2 + C_6H_{12}{=}CH_2$$

মিথেন (Methane) CH_4

3.4 অবস্থান

জলাভূমিতে বায়ুর অনুপস্থিতিতে জলজ উদ্ভিদদেহের পচনের ফলে মিথেন উৎপন্ন হয়, যাহার সঙ্গে কিছু ফস্‌ফিন গ্যাস মিশ্রিত থাকিবার জন্য বায়ু-সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রজ্জ্বলিত হইয়া 'আলেয়ার আলো' সৃষ্টি করে।

জলাভূমিতে উৎপন্ন হয় বলিয়া এই গ্যাস মার্শ গ্যাস (Marsh=জলাভূমি) নামেও পরিচিত। কয়লার খনিতেও মধ্যে মধ্যে মিথেন গ্যাসের সাক্ষাৎ পাওয়া যায়। উহা অগ্নিকাণ্ডের সৃষ্টি করে বলিয়া উহাকে 'আগ্নেয় বাষ্প' (Fire damp) নামে অভিহিত করা হয়। প্রাকৃতিক গ্যাস ও কোলগ্যাসের প্রধান উপাদান মিথেন। জীবরাসায়নিক প্রক্রিয়ায় গোবর হইতে যে 'গোবর গ্যাস' উৎপাদন শুরু হইয়াছে, তাহারও প্রধান উপাদান মিথেন।

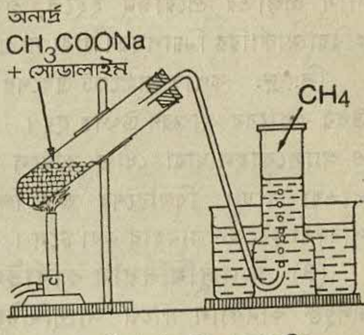
3.5 মিথেন প্রস্তুতি

(1) **পরীক্ষাগারে মিথেন প্রস্তুতি :** পরীক্ষাগারে 1 : 3 ওজন অনুপাতে অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডালাইমের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া মিথেন প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3COONa + NaOH \longrightarrow CH_4 + Na_2CO_3$$

নির্গমনলযুক্ত দৃঢ়কাচ পরীক্ষানলের মধ্যে 1 : 3 ওজন অনুপাতে অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডালাইমের উত্তমরূপে মিশ্রিত মিশ্রণ লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে মিথেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। পরীক্ষানল হইতে সমগ্র বায়ু বাহির হইয়া যাইবার জন্য কিছু সময় ব্যয় করা হয়। তারপর নির্গমনলের বহিঃপ্রান্ত গ্যাসদ্রোণীতে ডুবাইয়া

মিথেনকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত মিথেনে সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও জলীয় বাষ্প অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে।



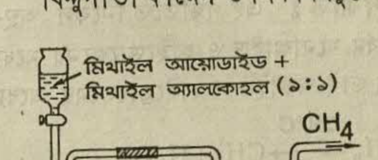
চিত্র 3.1 পরীক্ষাগারে মিথেন প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণ : উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত মিথেন গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাসক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া অ্যাসিটিলিন হইতে, এবং ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া ইথিলিন ও জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়। অতঃপর হাইড্রোজেন অপসারণের জন্য উহার সহিত অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া, মিশ্রণকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করা হয়। ফলে হাইড্রোজেন জারিত হইয়া জলে পরিণত হয়। এই হাইড্রোজেনমুক্ত মিথেনকে পরবর্তী পর্যায়ে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণের মধ্য দিয়া চালিত করিলে অতিরিক্ত অক্সিজেন শোষিত হইয়া যায় এবং পরিশেষে উৎপন্ন মিথেনকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে অনার্দ্র করা হয়।

(2) **বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতি :** সাধারণ তাপমাত্রায় মিথাইল আয়োডাইডকে জিঙ্ক-কপার যুগলের সহিত অ্যালকোহল বা জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া, পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুত করা হয়।

$$\underset{\text{মিথাইল}}{CH_3I} + 2[H] \xrightarrow{Zn/Cu} CH_4 + HI$$

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত কনিক্যাল ফ্লাস্কে কয়েক বিন্দু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত মিথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে জিঙ্ককপার যুগল লইয়া, বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে মিথাইল আয়োডাইডের মিথাইল অ্যালকোহলীয় দ্রবণ বিন্দু বিন্দু আকারে যোগ করিলে, মিথেন গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। উৎপন্ন মিথেন গ্যাস অপরিবর্তিত মিথাইল আয়োডাইড বাষ্পের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় নির্গম-নল দিয়া বাহিরে আসিয়া হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলে প্রবেশ করে। মিথাইল আয়োডাইড বাষ্প ঘনীভূত হইয়া U-নলে সঞ্চিত হয় এবং মিথেন

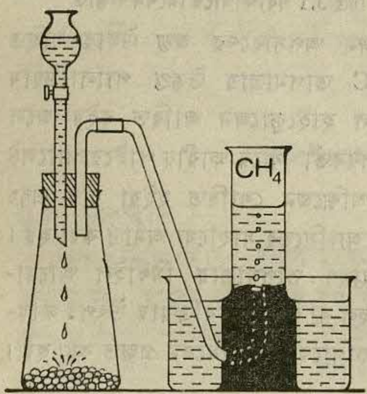


চিত্র 3.2 বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতি

গ্যাসকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় অথবা অনার্দ্র মিথেন গ্যাস প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে শুষ্ক করিয়া মার্কারির নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

বি. দ্র. কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে জিঙ্কের ছিবড়া রাখিয়া দিলে, জিঙ্কের উপর কপারের আস্তরণ উৎপন্ন হয়। কপারের আস্তরণযুক্ত জিঙ্ককে পর্যায়ক্রমে জল ও অ্যালকোহল দ্বারা ধৌত করিলে জিঙ্ক-কপার যুগল (Zinc-copper-couple) পাওয়া যায়। বিজারণের জন্য জিঙ্ক-কপার যুগলের পরিবর্তে অ্যালুমিনিয়াম পারদসংকরকেও ব্যবহার করা চলে।

(3) **অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড হইতে :** বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত কনিক্যাল ফ্লাস্কে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড লইয়া, বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে ফ্লাস্কের মধ্যে বিন্দু বিন্দু জল বা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে মিথেন নির্গত হয়, যাহাকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায় ; $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4$ ।



চিত্র 3.3 অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড হইতে মিথেন প্রস্তুতি

বিক্রিয়াকালে জল ব্যবহৃত হইলে বিক্রিয়াজাত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের তল ক্রমশ আবৃত হইয়া যায় এবং বিক্রিয়ার গতি হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। জলের পরিবর্তে লঘু অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে এই অসুবিধা হয় না।

(4) **স্যাব্যাটিয়ার (Sabatier's) পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে 250°C তাপমাত্রায় কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মধ্যে বিক্রিয়ায় অথবা 300°C তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মধ্যে বিক্রিয়ায় মিথেন প্রস্তুত করা হয় ; $CO + 3H_2 \xrightarrow[Ni]{250°C} CH_4 + H_2O$

$$CO_2 + 4H_2 \xrightarrow[Ni]{300°C} CH_4 + 2H_2O$$

(5) **মৌল হইতে সংশ্লেষণ :** হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে কার্বন তড়িদ্দ্বারের মধ্যে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করিলে অথবা পোর্সেলিন নলের মধ্যে 1200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করিলে হাইড্রোজেন কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া আংশিকভাবে মিথেনে পরিণত হয়।

$$C + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4$$

3.6 মিথেনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : মিথেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা হালকা, জলে যৎসামান্য দ্রাব্য (20°C-এ 20 আয়তনে 1 আয়তন)। অ্যালকোহলে দ্রাব্যতা তুলনামূলকভাবে বেশি। স্ফুটনাঙ্ক—164°C এবং গলনাঙ্ক—180°C।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) **দহন :** অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে মিথেন দীপ্তিহীন শিখায় প্রজ্জ্বলিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে; $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$। মিথেন ও বায়ুর মিশ্রণ জ্বালাইয়া দিলে বিস্ফোরণ ঘটে। কিন্তু সীমিত বায়ু বা অক্সিজেনে মিথেনকে দহন করিলে কার্বন ব্ল্যাক (Carbon black) ও জলীয় বাষ্প পাওয়া যায়;

$$CH_4 + O_2 \rightarrow C + 2H_2O$$

(2) **ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া :** মিথেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ প্রখর সূর্যালোকে রাখিলে অথবা অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া ঘটাইয়া কার্বন কণা পৃথক করে;

$$CH_4 + 2Cl_2 \rightarrow C + 4HCl$$

কিন্তু ঐ মিশ্রণকে বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে রাখিলে ক্লোরিন একে একে মিথেনের হাইড্রোজেনগুলিকে প্রতিস্থাপিত করে;

$CH_4 + Cl_2 \rightarrow HCl + CH_3Cl$ (মিথাইল ক্লোরাইড বা মনোক্লোরো মিথেন)

$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow HCl + CH_2Cl_2$ (মিথিলিন ক্লোরাইড বা ডাইক্লোরো মিথেন)

$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow HCl + CHCl_3$ (ক্লোরোফর্ম বা ট্রাইক্লোরো মিথেন)

$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow HCl + CCl_4$ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড বা টেট্রাক্লোরো মিথেন)

(3) **অন্যান্য হ্যালোজেনের সহিত বিক্রিয়া :** মিথেনের সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়া ধীরগতি। ক্লোরিনের মতই ব্রোমিন মিথেনের হাইড্রোজেন পরমাণুকে একে একে প্রতিস্থাপিত করিয়া পর্যায়ক্রমে, মিথাইল ব্রোমাইড (CH_3Br), মিথিলিন ব্রোমাইড (CH_2Br_2), ব্রোমোফর্ম ($CHBr_3$) এবং কার্বন টেট্রাব্রোমাইড উৎপন্ন করে। হ্যালোজেনগুলির মধ্যে আয়োডিন সর্বাপেক্ষা কম সক্রিয়। আয়োডিন অত্যন্ত ধীরে মিথেনের সহিত উভমুখী বিক্রিয়ায় অল্প পরিমাণ মিথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে;

$$CH_4 + I_2 \rightleftharpoons CH_3I + HI\ ;$$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড তীব্র বিজারক বলিয়া বিক্রিয়া ডানদিকে অধিক দূর অগ্রসর হয় না। তবে বিক্রিয়াকালে HgO বা HIO_3-এর মত জারকদ্রব্য উপস্থিত থাকিলে উৎপন্ন HI জারিত হইয়া অপসারিত হয় এবং বিক্রিয়া সম্মুখদিকে অগ্রসর হইতে পারে।

ফ্লুয়োরিনের সহিত বিক্রিয়ায় মিথেন সরাসরি কার্বনটেট্রাফ্লুয়োরাইড ও হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়;

$$CH_4 + 4F_2 = CF_4 + 4HF$$

হ্যালোজেনের সহিত মিথেনের এই বিক্রিয়া প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার উদাহরণ।

[প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution reaction): যে বিক্রিয়ার ফলে কোন যৌগের অণুতে উপস্থিত পরমাণু বা মূলককে অপসারিত করিয়া অন্য কোন পরমাণু বা মূলক সেই স্থান অধিকার করে, সেইরূপ বিক্রিয়াকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বলে। প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্পৃক্ত যৌগের বৈশিষ্ট। এইরূপ বিক্রিয়ার ফলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে প্রতিস্থাপিত যৌগ বলে। উল্লিখিত উদাহরণে মিথাইল ক্লোরাইড, মিথিলিন ক্লোরাইড ইত্যাদি প্রতিস্থাপিত যৌগ]

হ্যালোজেনেশনের বিক্রিয়া কৌশল (Mechanism of halogenation):

মিথেনের সহিত ক্লোরিনের এবং অনুরূপ অন্যান্য বিক্রিয়া একটিমাত্র ধাপে সম্পূর্ণ না হইয়া একাধিক ধাপে সম্পূর্ণ হয়। বিক্রিয়াকে ধাপে ধাপে সূক্ষ্মভাবে পর্যালোচনা করাকে বিক্রিয়া কৌশল পর্যালোচনা বলে। মিথেনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়াকালে ক্লোরিন পরমাণু বা মূলক (বিজোড় ইলেকট্রন সমন্বিত বলিয়া এইরূপ মূলক খুবই সক্রিয়) প্রধান ভূমিকা গ্রহণ করে। সেইজন্য এই বিক্রিয়া কৌশলকে মুক্ত মূলক বিক্রিয়া কৌশল নামে অভিহিত করা হয়। ইহা অধ্রুবীয় বিক্রিয়া কৌশল। সাধারণত গ্যাসীয় অবস্থায় অথবা অধ্রুবীয় দ্রাবকের মধ্যে মুক্ত মূলক বিক্রিয়া সংঘটিত করা হয়।

সমগ্র বিক্রিয়ার মধ্যে তিনটি স্বতন্ত্র ধাপ দেখিতে পাওয়া যায়: (1) সূচনা ধাপ (initiation step) (2) বিস্তার ধাপ (propagation step) এবং (3) পরিসমাপ্তি ধাপ (termination step)। তিনটি ধাপ একত্রে শৃঙ্খল বিক্রিয়ার (chain reaction) রূপ গ্রহণ করে।

সূচনা ধাপ: মিথেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ আলট্রাভায়োলেট আলোর প্রভাবে ঘরের উষ্ণতায় অথবা অন্ধকারে 250°C-এর উপর উত্তপ্ত হইলে ক্লোরিন অণু শক্তি শোষণ করিয়া দুইটি ক্লোরিন পরমাণুতে বিয়োজিত হয়; $Cl:Cl \xrightarrow{\text{শক্তি}} 2\dot{C}l$। এই ক্লোরিন পরমাণু বা মূলকই শৃঙ্খলবিক্রিয়ার বাহক হিসাবে কাজ করে।

বিস্তার ধাপ: উৎপন্ন ক্লোরিন মূলক অত্যন্ত সক্রিয় বলিয়া সহজেই মিথেন অণু হইতে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু গ্রহণ করিয়া উহাকে মিথাইল মূলকে পরিণত করে;

$$\dot{C}l + CH_4 \rightarrow \dot{C}H_3 + HCl$$

কিন্তু মিথাইল মূলকও অত্যন্ত সক্রিয়। উহা দ্রুত দ্বিতীয় এক ক্লোরিন অণু আক্রমণ করিয়া ক্লোরিন মূলক পুনরুৎপন্ন করে।

$$\dot{C}H_3 + Cl_2 \rightarrow \dot{C}l + CH_3Cl$$

পুনরুৎপন্ন ক্লোরিন মূলক আবার পূর্বের ন্যায় বিক্রিয়া করিয়া শৃঙ্খল বিক্রিয়ার বিস্তার ঘটায়।

পরিসমাপ্তি ধাপ: বিক্রিয়াশীল একটি মূলকের অন্য একটি মূলকের সহিত সংঘাত ঘটিলে, উহারা সংযুক্ত হইয়া নিষ্ক্রিয় হইয়া যায় (বিক্রিয়াপাত্রের দেওয়ালে আবদ্ধ হইয়াও উহারা সক্রিয়তা হারাইতে পারে।) এবং উহাদের শৃঙ্খল বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিবার কাজ পরিসমাপ্ত হয়। যথা;

$$\dot{C}l + \dot{C}l \rightarrow Cl_2;\ \dot{C}l + \dot{C}H_3 \rightarrow CH_3Cl;\ \dot{C}H_3 + \dot{C}H_3 \rightarrow CH_3CH_3$$

ক্লোরিন দ্বারা মিথাইল ক্লোরাইডের অবশিষ্ট হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির পর্যায়ক্রমিক প্রতিস্থাপনও একই বিক্রিয়া কৌশলে ঘটিয়া থাকে।

(4) **ওজোনের সহিত বিক্রিয়া :** ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন মিথেনকে ফর্ম্যালডিহাইডে জারিত করে এবং এই বিক্রিয়ার সাহায্যে মিথেন সনাক্ত করা যায় ;

$$CH_4 + 2O_3 \rightarrow HCHO + H_2O + 2O_2$$

(5) **হাইড্রোজেন উৎপাদন :** মিথেন ও স্টিমের মিশ্রণকে 800°C হইতে উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ;

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$$

বিক্রিয়াজাত গ্যাসমিশ্রণকে অতিরিক্ত স্টিম মিশাইয়া 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত Fe_2O_3 এবং Cr_2O_3 মিশ্রিত অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।

$$CO + H_2O \xrightarrow[400°C]{Cr_2O_3 + Fe_2O_3} CO_2 + H_2$$

পরিশেষে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে উচ্চচাপে জলে দ্রবীভূত করিলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

(6) **মিথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন :** মিথেন ও অক্সিজেন মিশ্রণকে 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায় ;

$$2CH_4 + O_2 \rightarrow 2CH_3OH$$

3.7 মিথেনের ব্যবহার

(1) মিথেনকে প্রাকৃতিক গ্যাস, কোল গ্যাস বা গোবর গ্যাসরূপে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করা হয়। (2) মিথেন হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হয়, যাহা অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে অত্যাবশ্যক। (3) মিথেনকে সীমিত বায়ুতে দহিত করিয়া অথবা তাপবিয়োজন করিয়া যে-কার্বন ব্ল্যাক উৎপাদন করা হয়, তাহা রবার, পেন্ট ও প্লাস্টিক শিল্পে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (4) নিয়ন্ত্রিত উষ্ণতা ও চাপে উপযুক্ত অনুঘটক ব্যবহার করিয়া মিথেনকে আংশিক জারণের সাহায্যে মিথাইল অ্যালকোহল অথবা ফর্ম্যালডিহাইডে রূপান্তর করিবার পদ্ধতিও অনুসৃত হয়।

মিথেনের সনাক্তকরণ : মিথেন ওজোনমিশ্রিত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত ফর্ম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে।
$CH_4 + 2O_3 \rightarrow HCHO + H_2O + 2O_2$। উৎপন্ন ফর্ম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণে ফিনাইল হাইড্রোজিন হাইড্রোক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে, দ্রবণ গোলাপীবর্ণ হইয়া উঠে।
(স্ক্রিডারের পরীক্ষা)

ইথেন (Ethane) C_2H_6

3.8 প্রস্তুতি

ইথেন প্রস্তুতির জন্য অ্যালকেন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিগুলি অনুসরণ করা হয়।

(1) **কার্বক্সিল মূলক বিচ্ছিন্নকরণ :** অনার্দ্র সোডিয়াম প্রোপিয়োনেটকে মিথেন প্রস্তুতির অনুরূপ প্রণালীতে সোডালাইমসহ উত্তপ্ত করিলে ইথেন উৎপন্ন হয় ; $CH_3CH_2COONa + NaOH \rightarrow CH_3\text{-}CH_3 + Na_2CO_3$

(2) **কোল্ব সংশ্লেষণ :** পটাসিয়াম অ্যাসিটেটের গাঢ় জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়াও ইথেন প্রস্তুত করা যায়।

অ্যানোডে বিক্রিয়া $2CH_3COO^- \rightarrow C_2H_6 + 2CO_2 + 2e$

(3) **অ্যালকিনের হাইড্রোজেনেশন :** ইথিলিনের সহিত হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় ইথেন পাওয়া যায়।

$$CH_2=CH_2 + H_2 \xrightarrow[300°C]{Ni} CH_3\text{-}CH_3$$

(4) **ভুৎ´স বিক্রিয়া :** ইথার মাধ্যমে মিথাইল আয়োডাইড ও সোডিয়াম ধাতুর বিক্রিয়ায় ইথেন উৎপন্ন হয় : $2Na + 2CH_3I \rightarrow CH_3\text{-}CH_3 + 2NaI$

(5) **গ্রিগনার্ড বিক্রিয়া :** গ্রিগনার্ড বিকারক ইথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড প্রস্তুত করার পর উহাতে জল বা অ্যালকোহল যোগ করিলে ইথেন পাওয়া যায় ; $C_2H_5MgI + H_2O \rightarrow C_2H_6 + Mg(OH)I$

(6) **জিঙ্ক-কপার যুগল ও অ্যালকোহল দ্বারা ইথাইল আয়োডাইড বিজারণ :**

$$C_2H_5I + 2[H] \xrightarrow[Zn/Cu]{C_2H_5OH} C_2H_6 + HI$$

3.9 ইথেনের ধর্ম

ইথেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। জলে খুব সামান্য দ্রাব্য হইলেও, অ্যালকোহলে মোটামুটি দ্রাব্য। ইথেন ও মিথেন একই সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত এবং তাই উহাদের ধর্মও সদৃশ। অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে দহন করিলে ইথেন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় ;

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে ক্লোরিন ইথেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া একে একে উহার ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুই প্রতিস্থাপিত করে ;

$$C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{মনোক্লোরোইথেন}}{C_2H_5Cl} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{ডাইক্লোরোইথেন}}{C_2H_4Cl_2} \longrightarrow \underset{\text{ট্রাইক্লোরোইথেন}}{C_2H_3Cl_3}$$

$$\xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{টেট্রাক্লোরোইথেন}}{C_2H_2Cl_4} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{পেন্টাক্লোরোইথেন}}{C_2HCl_5} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{হেক্সাক্লোরোইথেন}}{C_2Cl_6}$$

ইথেনকে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর অবর্তমানে 450°-500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া ইথিলিন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয় ; $C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$

3.10 ব্যবহার

ইথেনকে ইথিলিন উৎপাদনে এবং ইথাইল ক্লোরাইড ও নাইট্রোইথেন প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

3.11 মিথেন ও ইথেনের সম্পৃক্ততার প্রমাণ

মিথেন বা ইথেনকে কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত ব্রোমিনের দ্রবণে চালিত করিলে লাল রঙ বর্ণহীন হয় না ; উহাদের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু জলীয় দ্রবণে চালিত করিলেও বেগুনী রঙ অন্তর্হিত হয় না। অপরপক্ষে ক্লোরিন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ঐ গ্যাসগুলির অণু হইতে হাইড্রোজেনকে পর্যায়ক্রমে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। সুতরাং উহাদের মধ্যে অসম্পৃক্ততা নাই ; উহারা সম্পৃক্ত যৌগ।

মিথেন বা ইথেনে কার্বন ও হাইড্রোজেন আছে ঃ মিথেন বা ইথেনকে অতিরিক্ত অক্সিজেনে দহন করিয়া দহনজাত গ্যাসমিশ্রণকে শীতল করিলে, বর্ণহীন তরল উৎপন্ন হয়, যাহা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল করে। অর্থাৎ উৎপন্ন তরল জল (H_2O)। আবার দহনজাত গ্যাসমিশ্রণ চুনের জল ঘোলা করে। সুতরাং উহার মধ্যে কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) আছে। অতএব মূল গ্যাসে কার্বন ও হাইড্রোজেন উপস্থিত ছিল। উপরি-উক্ত ইথেন বা মিথেনকে ক্লোরিনে দহন করিলে কালো রঙের কার্বন কণা পৃথক হয় এবং উহাও গ্যাস দুইটিতে কার্বনের উপস্থিতির প্রমাণ।

মিথেন ও ইথেনের পারস্পরিক রূপান্তর

$$CH_4 \xrightarrow{Br_2} CH_3Br \xrightarrow{Na} C_2H_6$$

মিথাইল ব্রোমাইড — ভুর্ৎস বিক্রিয়া — ইথেন

$$C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_5Cl \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

মিথাইল ক্লোরাইড — আর্দ্রবিশ্লেষণ — ইথাইল অ্যালকোহল — জারণ — অ্যাসেটিক অ্যাসিড

$$\xrightarrow{\text{লঘু } NaOH} CH_3COONa \xrightarrow{\text{সোডালাইম}} CH_4$$

সোডিয়াম অ্যাসিটেট — উত্তাপ

মিথেন হইতে প্রোপেন ঃ

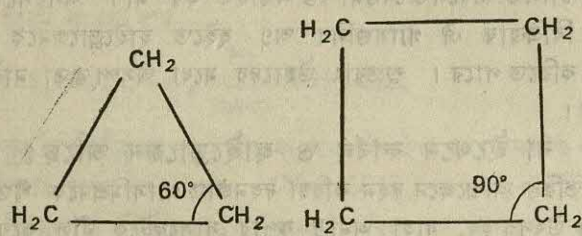
$$CH_4 + Br_2 \rightarrow CH_3Br \xrightarrow[\text{ভুর্ৎস বিক্রিয়া}]{Na} C_2H_6 \xrightarrow{Br_2} C_2H_5Br \xrightarrow[Na]{CH_3Br} CH_3CH_2CH_3$$

মিথেন হইতে ইথানল :

$$CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow{Na} C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{C_2H_5Cl} \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH} \underset{\text{ইথানল}}{C_2H_5OH}$$

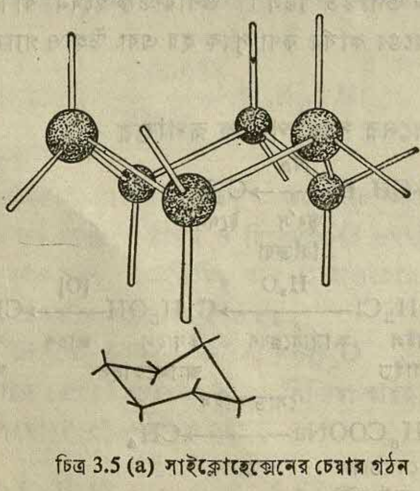
3.12 বদ্ধশৃঙ্খল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা সাইক্লোপ্যারাফিন

এই সমগণীয় সারির সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n}। এই সারির প্রথম সদস্য সাইক্লোপ্রোপেন ও দ্বিতীয় সদস্য সাইক্লোবিউটেনে বন্ধনগুলির অন্তর্ভুক্ত কোণের মান যথাক্রমে 60° এবং 90°। এই মান চতুস্তলকীয় মডেলে কার্বনের বন্ধনগুলির অন্তর্ভুক্ত কোণের মান ($109\frac{1}{2}°$) অপেক্ষা অনেক কম। সেইজন্য এই যৌগগুলিতে C—C বন্ধনে বিকৃতির (strain) আবির্ভাব ঘটে এবং যৌগগুলি অত্যন্ত সক্রিয়তার সহিত বদ্ধশৃঙ্খল রূপ ত্যাগ করিয়া মুক্তশৃঙ্খল রূপ ধারণ করিতে চায়।



চিত্র 3.4 সাইক্লোপ্রোপেন ও সাইক্লোবিউনের গঠন

কিন্তু সাইক্লোপেন্টেনে বন্ধনগুলির অন্তর্ভূক্ত কোণের মান (108°) চতুস্তলকীয় মডেলে

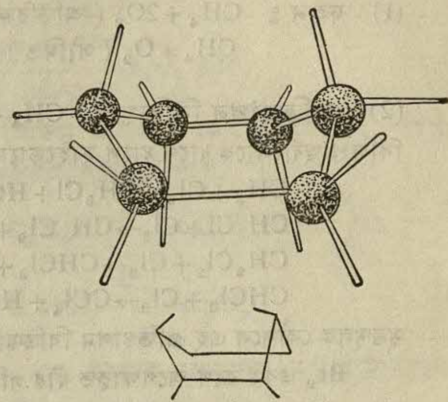


চিত্র 3.5 (a) সাইক্লোহেক্সেনের চেয়ার গঠন

কার্বনের বন্ধনগুলির অন্তর্ভূক্ত কোণের মানের ($109\frac{1}{2}°$) প্রায় সমান। সেইজন্য ইহার বৃত্তীয় গঠন সুস্থিত। সাইক্লোহেক্সেনের গঠন সমতলীয় হইলে উহার বন্ধনগুলির অন্তর্ভুক্ত কোণের মান 120° হইত এবং সুস্থিতি কমিয়া যাইত। তাই বিকৃতির (strain) উৎপত্তি এড়াইবার জন্য সাইক্লোহেক্সেনের বলয় গঠন ভাঁজ হইয়া নৌকা বা চেয়ারের অনুরূপ ত্রিমাত্রিক রূপ ধারণ

করে এবং যৌগের সুস্থিতি বজায় থাকে। সাইক্লোহেক্সেনের উপরি-উক্ত দুইটি রূপের মধ্যে চেয়াররূপ নৌকা রূপ অপেক্ষা বেশি সুস্থিত। আরো উচ্চতর সাইক্লো-প্যারাফিনগুলিও একই রূপে ভাঁজ হইয়া সুস্থিতি বজায় রাখে।

সাইক্লোপ্যারাফিনগুলির সাধারণ সঙ্কেত অ্যালকিন সমগণীয় সারির সাধারণ সঙ্কেতের অনুরূপ হইলেও ইহাদের মধ্যে দ্বিবন্ধ নাই। সাধারণ ভাবে ইহাদের ধর্ম মুক্তশৃঙ্খল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের অনুরূপ। ইহারা যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। ইহাদের হাইড্রোজেন ও অন্যান্য মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়।



3.5 (b) সাইক্লোহেক্সেনের নৌকা গঠন

সার-সংক্ষেপ

সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন : সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনগুলিকে অ্যালকেন বা প্যারাফিন নামেও অভিহিত করা হয়। ইহাদের সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+2}। মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6) ইত্যাদি এই সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত।

মিথেন (CH_4)

প্রস্তুত প্রণালী : (1) পরীক্ষাগারে 1 : 3 ওজন অনুপাতে অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডালাইমের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া মিথেন প্রস্তুত করা করা হয়। $CH_3COONa + NaOH \rightarrow CH_4 + Na_2CO_3$

(2) বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতির জন্য মিথাইল আয়োডাইডকে সাধারণ উষ্ণতায় জিঙ্ক-কপার যুগল ও জল বা অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করা হয় ;

$$CH_3 + 2[H] \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{Zn/Cu} CH_4 + HI$$

(3) $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4$

(4) **স্যাবাটিয়ার পদ্ধতি :** $CO + 3H_2 \xrightarrow[Ni]{250°C} CH_4 + H_2O$

$$CO_2 + 4H_2 \xrightarrow[Ni]{300°C} CH_4 + 2H_2O$$

(5) $C\,(\text{উত্তপ্ত}) + 2H_2 \overset{1200°C}{\rightleftharpoons} CH_4$

ধর্ম ঃ বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস ; জলে যৎসামান্য দ্রাব্য।

(1) **দহন ঃ** $CH_4 + 2O_2$ (অতিরিক্ত) $\rightarrow CO_2 + 2H_2O$

$CH_4 + O_2$ (সীমিত) $\rightarrow C + 2H_2O$

(2) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঃ** $CH_4 + 2Cl_2 \xrightarrow{\text{প্রখর সূর্যালোক}} C + 4HCl$

বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে ধাপে ধাপে হাইড্রোজেন ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$

$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$

$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl$

$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$

মুক্তমূলক কৌশলে এই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে।

Br_2 একই রূপে অপেক্ষাকৃত ধীর গতিতে বিক্রিয়া করে।

(3) $CH_4 + 2O_3 \rightarrow HCHO + H_2O + 2O_2$

(4) হাইড্রোজেন উৎপাদন ঃ $CH_4 + H_2O \xrightarrow[Ni]{>800°C} CO + 3H_2$

$$CO + H_2O \xrightarrow[400°C]{Cr_2O_3 + Fe_2O_3} CO_2 + H_2$$

(5) **মিথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন ঃ**

$$2CH_4 + O_2 \xrightarrow[\text{কপার}]{200°C,\ 100\ \text{বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}} 2CH_3OH$$

ব্যবহার ঃ (1) জ্বালানী হিসাবে (2) কার্বন ব্ল্যাক উৎপাদনে (3) হাইড্রোজেন উৎপাদনে (4) মিথাইল অ্যালকোহল অথবা ফর্ম্যালডিহাইড উৎপাদনে।

ইথেন (C_2H_6)

প্রস্তুতি ঃ (1) $CH_3CH_2COONa + NaOH \rightarrow CH_3 - CH_3 + Na_2CO_3$

(2) **কোল্ব সংশ্লেষণ ঃ** CH_3COOK-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে অ্যানোডে ইথেন উৎপন্ন হয় ; $2CH_3COO^- \rightarrow C_2H_6 + 2CO_2 + 2e$

(3) **ইথিলিনের হাইড্রোজেনেশন ঃ**

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow[Ni]{300°C} CH_3 - CH_3$$

(4) **ভুর্ৎস বিক্রিয়া ঃ** $2Na + 2CH_3I \rightarrow CH_3CH_3 + 2NaI$

(5) **গ্রিগনার্ড বিক্রিয়া ঃ** $C_2H_5MgI + H_2O \rightarrow C_2H_6 + Mg(OH)I$

(6) **ইথাইল আয়োডাইড বিজারণ ঃ**

$$C_2H_5I + 2[H] \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{Zn/Cu} C_2H_6 + HI$$

ধর্ম ঃ বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস ; জলে খুব সামান্য দ্রাব্য।

দহন ঃ $2C_2H_6+7O_2 \rightarrow 4CO_2+6H_2O$

বিয়োজন ঃ $C_2H_6 \xrightarrow[450°-500°C]{\text{অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট}} C_2H_4+H_2$

প্রতিস্থাপন ঃ মিথেনের মতই বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে ক্লোরিন ইথেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া একে একে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে।

$$C_2H_6 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2H_5Cl \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2H_4Cl_2 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2H_3Cl_3 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2}$$

$$C_2H_2Cl_4 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2HCl_5 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2Cl_6$$

ব্যবহার ঃ ইথিলিন উৎপাদনে এবং ইথাইল ক্লোরাইড ও নাইট্রোইথেন প্রস্তুতিতে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. (a) প্যারাফিন কাহাকে বলে ? এই নামকরণের তাৎপর্য কি ? (Tripura '80)

(b) মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের মধ্যে পার্থক্য কি কি ? (Tripura '80)

(c) মিথেন হইতে কিরূপে ফর্মালডিহাইড প্রস্তুত করিবে ? (Tripura '80)

2. অ্যালকেন সমগণীয় সারির সাধারণ সঙ্কেত কি ? কেন ইহাদের প্যারাফিন নামে অভিহিত করা হয় ? অ্যালকেনগুলির সাধারণ প্রস্তুতপ্রণালী ও সাধারণ ধর্ম বিবৃত কর।

3. পরীক্ষাগারে মিথেনের প্রস্তুতপ্রণালী সংক্ষেপে বর্ণনা কর। মিথেনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া বর্ণনা কর। এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া কৌশল কিরূপ ? আয়োডিনের সহিত মিথেনের বিক্রিয়া অধিকদূর অগ্রসর হইতে পারে না কেন ? মিথেনের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর। মিথেনকে কিরূপে সনাক্ত করা হয় ?

4. বিশুদ্ধ মিথেনের প্রস্তুত প্রণালী সংক্ষেপে বর্ণনা কর। মিথেনের সহিত (a) ক্লোরিনের, (b) ওজোনের (c) উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে স্টিমের বিক্রিয়ার বিবরণ দাও। মিথেন হইতে কিরূপে ইথেন প্রস্তুত করিবে ?

5. রসায়নাগারে কিরূপে ইথেন প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। (Tripura'81) কোন্ সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে কিরূপে ইথেন প্রস্তুত করা হয় ? ইথেন হইতে কিরূপে (1) ইথাইল ক্লোরাইড (2) ইথিলিন (3) মিথেন প্রস্তুত করিবে ? ইথেনের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

6. কিরূপে নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলির সাহায্যে ইথেন প্রস্তুত করিবে ?

(a) ভুৎ´স (wurz) বিক্রিয়া ; (b) কোল্ব সংশ্লেষণ প্রণালী ; (c) গ্রিগনার্ড বিক্রিয়া। কিরূপে প্রমাণ করিবে ইথেন সম্পৃক্ত যৌগ ? কিরূপে প্রমাণ করিবে ইথেনে কার্বন ও হাইড্রোজেন আছে ?

7. **টীকা লিখ :** (a) ভুৎ´স বিক্রিয়া (H S. '80, Tripura 82) ; (b) কোল্ব সংশ্লেষণ ; (c) মুক্তমূলক বিক্রিয়া কৌশল (d) কার্বক্সিলমূলক বিচ্ছিন্নকরণ বিক্রিয়া (e) ক্লেমেনশেন বিজারণ (f) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।

8. (a) একটি অ্যালকিল আয়োডাইডের (A) শুষ্ক ইথার দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম খণ্ড যোগ করা হইল। বিক্রিয়া শেষে প্রাপ্ত পদার্থ (B)-এর মধ্যে জল যোগ করায় ইথেন গ্যাস নির্গত হইল।

A এবং B কে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ।

(b) কিরূপে মিথেন হইতে প্রোপেন প্রস্তুত করিবে ?

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. ব্যাখ্যা কর : (প্রয়োজনীয় ক্ষেত্রে উপযুক্ত সমীকরণ দাও)

(a) অ্যালকেনকে প্যারাফিন বলা হয় কেন ?

(b) অ্যালকেন সমগণীয় সারির সাধারণ সঙ্কেত কি ?

(c) অ্যালকেনগুলিকে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বলা হয় কেন ?

(d) অ্যালকিলব্রোমাইডের ইথার দ্রবণে সোডিয়াম ধাতুখণ্ড যোগ করিলে কি ঘটে ?

(e) কয়েকবিন্দু লঘু H_2SO_4 যুক্ত অ্যালকোহলে জিঙ্ক-কপার যুগল লইয়া মিথাইল আয়োডাইড যোগ করিলে কি ঘটে ?

(f) শুষ্ক ইথারে দ্রবীভূত মিথাইল আয়োডাইডে ম্যাগনেসিয়ামচূর্ণ যোগ করিলে কি ঘটে ?

(g) ফ্যাটি অ্যাসিডের কার্বক্সিলিক মূলক বিচ্ছিন্নকরণে কোন্ বিকারক ব্যবহৃত হয় ?

(h) গাঢ় জলীয় দ্রবণে ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্ষারীয়লবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে কি ঘটে ?

(i) ফ্যাটি অ্যাসিডকে বদ্ধ নলের মধ্যে লাল ফসফরাস ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড মিশ্রণের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ?

(j) ইথিলিন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল অণুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে কি উৎপন্ন হয়।

(k) কোন্ যৌগকে জিঙ্ক পারদ সংকর ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করিলে ইথেন পাওয়া যায় ?

(l) মিথেনকে সীমিত বায়ুতে দহন করিলে কী পাওয়া যায় ?

(m) 2-মিথাইল-প্রোপেনকে অ্যাসিডযুক্ত KM_nO_4 দ্বারা জারিত করিলে কি ঘটে ?

(n) নর্মাল হেপ্টেনকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি হয় ?

(o) ক্লোরিনের সহিত মিথেনের বিক্রিয়া কিরূপে সংঘটিত হয় ?

(p) কোন্ বিক্রিয়া কৌশলে অ্যালকেনের হ্যালোজেনেশন ঘটে ?

(q) "হাইড্রোকার্বনের ক্র্যাকিং" বলিতে কি বুঝ ?

(r) মিথেনকে "মার্শ গ্যাস" বলা হয় কেন ?

(s) অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডে জল যোগ করিলে কি ঘটে ?

(t) কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন মিশ্রণকে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেলের উপর দিয়া চালিত করিলে কি ঘটে ?

(u) মিথেনের সহিত আয়োডিনের বিক্রিয়া যৎসামান্য অগ্রসর হয় কেন ?

(v) মুক্তমূলক বিক্রিয়া কৌশলে কয়টি ধাপ দেখিতে পাওয়া যায় ?

(w) মিথেন হইতে কিরূপে হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হয় ?

(x) কোন্ শর্তে মিথেনের জারণে মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায় ?

(y) মিথেনের সহিত অক্সিজেন মিশ্রিত ওজোনের বিক্রিয়ায় কি ঘটে ?

(z) কিরূপে প্রমাণ করিবে মিথেনে কার্বন ও হাইড্রোজেন বর্তমান ?

2. কিরূপে প্রস্তুত করিবে ?

(a) মিথেন হইতে ফর্ম্যালডিহাইড। (Tripura '80)

(b) কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন হইতে মিথেন। (H. S. '80)

(c) মিথেন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল। (J. E. '81)

(d) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে ইথেন। (H. S. '78)

(e) মিথেন হইতে ইথেন এবং ইথেন হইতে মিথেন।

(f) ইথিলিন হইতে ইথেন।

(g) মিথেন হইতে প্রোপেন।

(h) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে মিথেন। (H. S. '79, Tripura '82)

(i) মিথেন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল। (J. E. '81)

8

অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন

(UNSATURATED ALIPHATIC HYDROCARBONS)

4.1 সূচনা

অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনগুলিকে দুইটি সমগণীয় সারিতে ভাগ করা যায় : (1) দ্বিবন্ধনযুক্ত ওলেফিনস বা অ্যালকিনের (সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n}) সারি এবং (2) ত্রিবন্ধনযুক্ত অ্যাসিটিলিনস বা অ্যালকাইনের (সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n-2}) সারি।

4.2 অ্যালকিনের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) **অ্যালকোহল হইতে :** অ্যালকোহলকে উষ্ণ অবস্থায় অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফোরিক অ্যাসিড বা জিঙ্কক্লোরাইড দ্বারা নিরুদিত করিয়া সাধারণত পরীক্ষাগারে অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়। যেমন ইথাইল অ্যালকোহলকে 170°C তাপমাত্রায় অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন উৎপন্ন হয়; $C_2H_5OH+H_2SO_4 \rightarrow C_2H_4+[H_2SO_4+H_2O]$

সেকেণ্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহল (বিশেষত টারসিয়ারি অ্যালকোহল) প্রাইমারি অ্যালকোহলের তুলনায় অনেক বেশি সহজে নিরুদিত হয়। এইরূপ ক্ষেত্রে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু (46%) সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করাই শ্রেয়। কারণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অনেক সময়ে উৎপন্ন অ্যালকিনকে পলিমারে পরিণত করে। অ্যালকোহলকে নিরুদিত করিয়া অ্যালকিনে পরিণত করিবার উপরি-উক্ত পদ্ধতি সাধারণত উচ্চতর অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে অনুসৃত হয় না, কারণ সেক্ষেত্রে একাধিক সমাবয়বী অ্যালকিন উৎপন্ন হয়, যাহাদের পৃথক করা কষ্টসাধ্য।

উত্তপ্ত অ্যালুমিনার (400°C) উপর দিয়া অ্যালকোহল বাষ্প চালিত করিলেও উহা নিরুদিত হইয়া সংশ্লিষ্ট অ্যালকিনে পরিণত হয় ;

$$R-CH_2CH_2OH \xrightarrow[400°C]{Al_2O_3} R-CH=CH_2$$

এই পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যালকোহল নিরুদিত করিয়া ইথিলিন প্রস্তুত করা যায়।

(2) **অ্যালকিল হ্যালাইড হইতে :** অ্যালকিল হ্যালাইডকে কস্টিক পটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়,

$$C_2H_5Br+KOH \rightarrow C_2H_4+KBr+H_2O\ ;$$

$$CH_3-CH_2-CHCl-CH_3+KOH \rightarrow CH_3CH=CHCH_3\ (\text{2-বিউটিন}) +KCl+H_2O$$

[শেষোক্ত ক্ষেত্রে অল্প পরিমাণ সমাবয়বী $CH_3CH_2CH=CH_2$ (1-বিউটিন)ও উৎপন্ন হয়] কিন্তু ক্ষারের অ্যালকোহলীয় দ্রবণের পরিবর্তে লঘু জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করিলে অ্যালকোহল পাওয়া যায় ;

$$C_2H_5Br + KOH = C_2H_5OH + KBr$$

(3) **ডাইহ্যালো অ্যালকেন হইতে :** ডাইহ্যালো (সাধারণত ডাই-ব্রোমো) অ্যালকেনকে জিঙ্কধূলির সহিত পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যালকিন উৎপন্ন হয় ; যেমন $\underset{\text{ইথিলিন ব্রোমাইড বা ডাইব্রোমোইথেন}}{CH_2Br-CH_2Br} + Zn \rightarrow \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2=CH_2} + ZnBr_2$

(4) **অ্যালকাইন হইতে :** নিয়ন্ত্রিত **তাপমাত্রায় বিশেষ ধরনের অনুঘটকের** উপস্থিতিতে অ্যালকাইনকে হাইড্রোজেনের সাহায্যে আংশিকভাবে বিজারিত করিয়া অ্যালকিনে পরিণত করা যায়। এই পদ্ধতিতে 270°C উষ্ণতায় প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিনের সহিত হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় ইথিলিনের শিল্পোৎপাদন করা হয় ;

$$CH\equiv CH + H_2 \xrightarrow[270°C]{Pd} CH_2=CH_2$$

(5) **অ্যালকেনের তাপবিয়োজনে :** দীর্ঘশৃঙ্খল প্যারাফিন হাইড্রোকার্বনকে 600°C-এর ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে তাপবিভাজনের (Thermal cracking) ফলে ক্ষুদ্রতর শৃঙ্খলদৈর্ঘ্যের অ্যালকেনের সহিত ইথিলিন উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়। ইথেনকে 800° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে অথবা অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450°-500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন পাওয়া যায় ; $C_2H_6 \xrightarrow{800°C} C_2H_4 + H_2$। অপরপক্ষে দীর্ঘশৃঙ্খল প্যারাফিনকে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450°-550°C তাপমাত্রায় বিভাজিত (Catalytic cracking) করিলে উপজাত অ্যালকিন হিসাবে প্রধানত প্রোপিলিন $CH_3CH=CH_2$ ও আইসোবিউটিলিন $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH_2$ উৎপন্ন হয়।

(6) **কোল্ব সংশ্লেষণ :** সম্পৃক্ত দ্বিক্ষারকীয় কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের পটাসিয়াম লবণকে গাঢ় জলীয় দ্রবণ অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিতে পটাসিয়াম সাক্সিনেটের $\begin{matrix} CH_2COOK \\ | \\ CH_2COOK \end{matrix}$ জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ইথিলিন প্রস্তুত করা হয় ;

$$\begin{matrix} CH_2-COOK \\ | \\ CH_2-COOK \end{matrix} \rightleftharpoons \left[\begin{matrix} CH_2-COO \\ | \\ CH_2-COO \end{matrix}\right]^{=} + 2K^+ ;$$

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ । প্লাটিনাম তড়িদ্‌দ্বারের সাহায্যে দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ইথিলিন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া ; $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$

অ্যানোডে বিক্রিয়া ; $\left[\begin{array}{l} CH_2COO \\ | \\ CH_2COO \end{array}\right]^{=} \longrightarrow \begin{array}{c} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{array} + 2CO_2 + 2e$

4.3 অ্যালকাইনের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) ডাইহ্যালো অ্যালকেন (অ্যালকাইলিন ডাইহ্যালাইড) এবং কস্টিক-পটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ অথবা সোডামাইড ($NaNH_2$) উত্তপ্ত করিলে অ্যাল-কাইন পাওয়া যায় ;

$$R{-}CHBr-CH_2Br + 2KOH \rightarrow RC{\equiv}CH + 2KBr + 2H_2O$$

$$R{-}CHBr-CH_2Br + 2NaNH_2 \rightarrow RC{\equiv}CH + 2NaBr + 2NH_3$$

(2) টেট্রাহ্যালো অ্যালকেনকে জিঙ্কধূলির সহিত উত্তপ্ত করিলেও অ্যালকাইন উৎপন্ন হয় ;

$$R-\overset{\displaystyle Br}{\underset{\displaystyle Br}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\overset{\displaystyle Br}{\underset{\displaystyle Br}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-H + 2Zn \rightarrow RC{\equiv}CH + 2ZnBr_2$$

(3) এতদ্ব্যতীত ম্যালেইক অ্যাসিডের পটাসিয়াম লবণ $\begin{array}{c} CHCOOK \\ \| \\ CHCOOK \end{array}$

জলীয় দ্রবণ অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া অথবা ক্যালসিয়াম কার্বাইডে জল যোগ করিয়া অ্যালকাইন সারির সরলতম ও সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ যৌগ অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) প্রস্তুত করা যায়।

(4) বৈদ্যুতিক আর্কের সাহায্যে অ্যালকেনকে তাপবিভাজিত করিয়াও অ্যালকাইন প্রস্তুত করা যায়।

$$2CH_4 \xrightarrow[1400^\circ C]{} C_2H_2 + 3H_2$$

4.4 অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সাধারণ ধর্ম

(1) অ্যালকিন ও অ্যালকাইন সারির হাইড্রোকার্বনগুলির ক্ষেত্রেও অ্যালকেন সারির হাইড্রোকার্বনগুলির মত কার্বনশৃঙ্খলদৈর্ঘ্য বৃদ্ধির সঙ্গে ভৌতধর্মে নিয়মানুগ পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। এই সব যৌগই বর্ণহীন। ক্ষুদ্রদৈর্ঘ্যের কার্বনশৃঙ্খল-

বিশিষ্ট যৌগগুলি গ্যাসীয়। বৃহত্তর দৈর্ঘ্যের কার্বনশৃঙ্খলবিশিষ্ট যৌগগুলি তরল এবং আরো বৃহৎ যৌগগুলি কঠিন।

(2) **যুতযৌগ গঠন :** দ্বিবন্ধনযুক্ত অ্যালকিন সারি এবং ত্রিবন্ধনযুক্ত অ্যালকাইন সারি—উভয় সারির যৌগেই C—C-এ π বন্ধন উপস্থিত থাকে যাহারা σ (সিগমা) বন্ধন অপেক্ষা অনেক বেশি সক্রিয় এবং সেইজন্য সহজেই ছিন্ন হইয়া যুত বিক্রিয়ায় যুতযৌগ গঠন করে।

(a) **হাইড্রোজেনের সহিত যুত যৌগ গঠন :** উত্তপ্ত অবস্থায় প্যালাডিয়াম, প্লাটিনাম বা নিকেল জাতীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকিন ও অ্যালকাইন যৌগগুলি অ্যালকেনে পরিণত হয় ;

$$C_2H_4 + H_2 \xrightarrow[300°C]{Ni} C_2H_6 \; ; \quad C_2H_2 + 2H_2 \xrightarrow[300°C]{Ni} C_2H_6$$

অ্যালকাইন দুই ধাপে হাইড্রোজেন গ্রহণ করে ;

$$C_2H_2 + H_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{অনুঘটক}} C_2H_4 \; ; \quad C_2H_4 + H_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{অনুঘটক}} C_2H_6$$

নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় উপযুক্ত অনুঘটক ব্যবহার করিয়া বিক্রিয়াকে অ্যালকিন উৎপত্তির পর থামাইয়া দেওয়া যায় ;

$$C_2H_2 + H_2 \xrightarrow[270°C]{Pd} C_2H_4$$

(b) **হ্যালোজেনের সহিত যুতযৌগ গঠন :** ক্লোরিন বা ব্রোমিন সহজেই অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে ডাইহ্যালো অ্যালকেন ও টেট্রাহ্যালো অ্যালকেন উৎপন্ন করে। আয়োডিন ধীরগতিতে বিক্রিয়া করে এবং সাধারণত আয়োডিন সংযুক্তির জন্য প্রখর আলোক অথবা ধাতব ক্লোরাইড অনুঘটক ব্যবহৃত হয় ;

$$RCH = CH_2 + Br_2 \rightarrow RCHBr—RCH_2Br \; ;$$
$$RC \equiv CH + Cl_2 \rightarrow RCCl = CHCl \; ;$$
$$RCCl = CHCl + Cl_2 \rightarrow RCCl_2—CHCl_2$$

(যেখানে R অ্যালকিল মূলক)

(c) **হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সংযুক্তি/মারকনিকফের নিয়ম (Markownikoff's rule) :** অ্যালকিন বা অ্যালকাইন যথাক্রমে এক বা দুই অণু হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া সম্পৃক্ত যৌগ (ডাইহ্যালো অথবা টেট্রাহ্যালো অ্যালকেন) গঠন করে। দ্বিবন্ধনে হ্যালোজেন হাইড্রাসিড সংযুক্তির সময় মারকনিকফের নিয়ম পালিত হয়। এই নিয়ম অনুযায়ী দ্বিবন্ধনে হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের (অথবা অন্য কোন সংযোগক্ষম বিকারকের) সংযুক্তির সময়ে

হ্যালোজেন (অথবা সংযোগক্ষম বিকারকের অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক অংশ) সর্বদা সেই কার্বন পরমাণুতে (দ্বিবন্ধনযুক্ত) যুক্ত হয়, যাহা স্বল্পতর সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু বহন করিতেছে। যেমন,

$$CH_3CH=CH_2+HX \rightarrow CH_3-CHX-CH_3$$
$$CH\equiv CH+HX \rightarrow CH_2=CHX\ ;$$
$$CH_2=CHX+HX \rightarrow CH_3-CHX_2$$

এইরূপ যুতযৌগ গঠনের ক্ষমতার বিচারে $HI > HBr > HCl$।

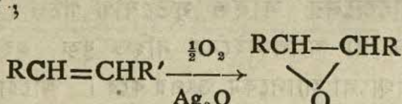
মারকনিকফের নিয়ম প্রসঙ্গে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, অক্সিজেন অথবা জৈব পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে মারকনিকফের নিয়মের বিপরীত যুতবিক্রিয়া ঘটিতে পারে। যেমন, $CH_3CH=CH_2+HBr \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} CH_3-CH_2-CH_2Br$

এই ঘটনাকে পারঅক্সাইড প্রভাব (Peroxide effect) বলা হয়। HBr-এর সংযোজনের ক্ষেত্রেই এই পারঅক্সাইড প্রভাব সর্বাপেক্ষা বেশি কার্যকর।

(d) **অন্যান্য যুতযৌগ :** অ্যালকিনের দ্বিবন্ধনে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড (HOCl) যুক্ত হইবার সময়ে হাইড্রক্সিল ও ক্লোরিনমূলকে বিভক্ত হইয়া যায় এবং হাইড্রক্সিল মূলক ক্লোরিনের তুলনায় অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক হওয়ায় মারকনিকফের নিয়ম অনুযায়ী স্বল্পতর সংখ্যক হাইড্রোজেনবাহী কার্বনে যুক্ত হয় ;

$$RCH=CH_2+HOCl \rightarrow RCH(OH)CH_2Cl$$

অ্যালকিনের দ্বিবন্ধনে অক্সিজেনের সংযুক্তি ঘটে কেবলমাত্র সিলভার অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে এবং উহার ফলে অ্যালকিলিন অক্সাইড বা এপঅক্সাইড (Epoxide) পাওয়া যায় ;

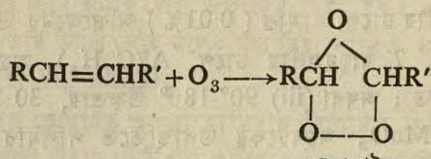


অ্যালকিন বা অ্যালকাইন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু ক্ষারীয় দ্রবণকে বর্ণহীন করে ;

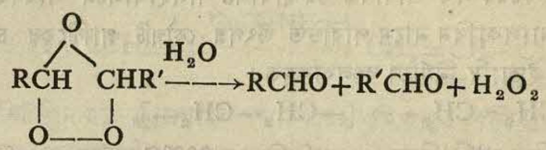
$$R-CH=CHR' \xrightarrow[H_2O]{[O]} \underset{OH}{RCH}-\underset{OH}{CHR'}\ ;\ RC\equiv CR' \xrightarrow{2[O]} \underset{O}{\overset{\|}{RC}}-\underset{O}{\overset{\|}{CR'}}$$

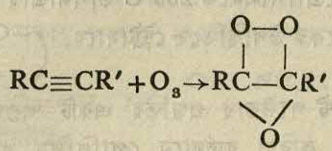
এই পরীক্ষার সাহায্যে যৌগের অসম্পৃক্ততা সনাক্ত করা যায়। ক্লোরোফর্ম, কার্বনটেট্রাক্লোরাইড, পেট্রোলিয়াম ইথার, গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় দ্রাবকে অ্যালকিন বা অ্যালকাইন দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে ওজোন গ্যাস চালনা করিলে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ওজোনের সহিত যুক্ত হইয়া ওজোনাইড গঠন করে। উৎপন্ন ওজোনাইডে জল (সাধারণত প্রলম্বিত জিঙ্কচূর্ণ সমেত) যোগ করিলে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যালকিনের ক্ষেত্রে অ্যালডিহাইড এবং অ্যালকাইনের ক্ষেত্রে ডাইকিটোন উৎপন্ন করে। শেষোক্ত ক্ষেত্রে উৎপন্ন ডাইকিটোন

আরো জারিত হইয়া কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। প্রাপ্ত অ্যালডিহাইড অথবা অ্যাসিড সনাক্ত করিয়া অসম্পৃক্ত যৌগে দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনের অবস্থান নির্ণয় করা যায় ;

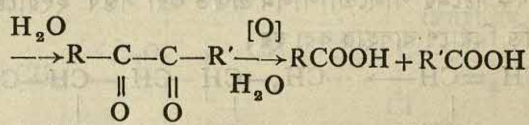


ওজোনাইড





ওজোনাইড



ডাইকিটোন

(3) **দহন :** অ্যালকিন ও অ্যালকাইন বায়ুতে প্রদীপ্ত শিখায় জলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। অ্যালকাইনের দহনকালে অসম্পূর্ণ জারণের জন্য প্রচুর কার্বনকণা মুক্ত হইয়া ধোঁয়ার সৃষ্টি করে।

$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O \; ; \; 2C_2H_2 + O_2 \rightarrow 4C + 2H_2O$$

(4) **বহুসংযোগ বিক্রিয়া বা পলিমারাইজেশন (Polymerisation) :** যে-বিক্রিয়ায় কোন যৌগের একাধিক অণু পরস্পর সংযুক্ত হইয়া উচ্চতর আণবিক গুরুত্বের অপেক্ষাকৃত বেশি জটিল যৌগ সৃষ্টি করে তাহাকে 'পলিমারাইজেশন বিক্রিয়া' এবং উৎপন্ন যৌগটিকে প্রাথমিক সরল যৌগের 'পলিমার' বলে। কণ্ডেনসেশন বিক্রিয়ার (যে-বিক্রিয়ায় জৈব অংশগুলি সংযুক্ত হইবার সঙ্গে সঙ্গে জল ইত্যাদি সরল অণু দূরীভূত হয়) ফলেও পলিমার উৎপন্ন হইতে পারে (C-পলিমার) কিন্তু সর্বক্ষেত্রেই পলিমার অণুর মধ্যে একটি ক্ষুদ্র সাংগঠনিক এককের বা 'মার' (mer)-এর পৌনপুনিক পুনরাবৃত্তি দেখিতে পাওয়া যায়।

উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকিন বা অ্যালকাইনকে পলিমারাইজ করা

যায় এবং এইরূপ পলিমার হইতে গুরুত্বপূর্ণ প্লাস্টিক, কৃত্রিম রবার বা কৃত্রিম তন্তু প্রস্তুত করা হয়।

(a) **পলিইথিলিন (Polyethylene) ঃ** ইথিলিনকে (i) 200°C উষ্ণতায়, 1000-2000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, সামান্য (0·01%) অক্সিজেনের উপস্থিতিতে অথবা (ii) 70°C উষ্ণতায়, 7 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, $Al(C_2H_5)_3$ অনুঘটক ও $TiCl_4$ উদ্দীপকের উপস্থিতিতে ; অথবা (iii) 90°-180° উষ্ণতায়, 30-100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, Cr_2O_3 বা MoO_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে পলিমারাইজ করিয়া দশ হাজার হইতে কয়েক লক্ষ আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট পলিইথিলিনে পরিণত করা হয়। পলিথিন বা অ্যালকাথিন নামে পরিচিত উৎপন্ন যৌগটি প্লাস্টিকের চাদর, শিশি-বোতল, পাত্র ইত্যাদি নির্মাণে বহুলব্যবহৃত।

$$n\,CH_2=CH_2 \longrightarrow [-CH_2-CH_2-]_n$$

(b) **পলিপ্রোপিলিন ঃ** প্রোপিলিনকে 200°C তাপমাত্রায় 50 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, ফসফরিক অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে টেট্রামারে, $\left(\begin{array}{c}-CH_2-CH-\\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\;\; CH_3\end{array}\right)_4$ পরিণত করা যায়, যাহা ডিটারজেন্ট পাউডার প্রস্তুতির একটি অন্যতম উপাদান। বিশেষ ধরনের অনুঘটক ব্যবহার করিয়া বর্তমানে প্রোপিলিন হইতে অতিবৃহৎ সরলরৈখিক গঠনের পলিপ্রোপিলিন প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে যাহাকে ব্যাপকভাবে দড়ি নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।

$$n\,\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{}{CH_2=\underset{|}{CH}}} \longrightarrow \cdots CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\cdots$$

পলিপ্রোপিলিন

(c) **পলিআইসোবিউটিলিন ঃ** অতি নিম্ন তাপমাত্রায় (−100°C) বোরোন ফ্লুয়োরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে আইসোবিউটিলিনকে পলিমারাইজ করিয়া রবার জাতীয় পদার্থে পরিণত করা যায়।

$$CH_2=\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} \xrightarrow[-100^\circ C]{BF_3} \left[-CH_2-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\right]_n$$ পলিআইসোবিউটিলিন

এইরূপে প্রস্তুত পলিআইসোবিউটিলিনে কোন দ্বিবন্ধন না থাকায় উহাকে ভালকানাইজ (প্রাকৃতিক রবারকে সালফার এবং অন্যান্য বিকারকের সহিত উত্তপ্ত করিয়া তাপনমনীয়তা ও জৈব দ্রাবকে দ্রাব্যতা রোধের পদ্ধতি) করা যায় না। সেইজন্য আইসোবিউটিলিনের সহিত অল্প পরিমাণে আইসোপ্রিন

$$\left(CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2\right)$$

মিশ্রিত করিয়া −40°C তাপমাত্রায় পলিমারাইজেশনের সাহায্যে ভালকানাইজ করার উপযুক্ত 'বিউটাইল রবারে' পরিণত করা হয়।

(d) **অ্যাসিটিলিনের পলিমারাইজেশন :** অ্যাসিটিলিনকেও পলিমারাইজ করিয়া বহু প্রয়োজনীয় যৌগ উৎপাদন করা হয়। (i) অ্যাসিটিলিনকে 400°-600°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত লৌহ নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে উহা বেঞ্জিনে পরিণত হয়; $3\,C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$

(ii) কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত দ্রবণে অ্যাসিটিলিন চালিত করিলে উহার দুইটি অণু পলিমারাইজেশন ঘটাইয়া ভিনাইল অ্যাসিটিলিনে পরিণত হয়; $2CH{\equiv}CH \xrightarrow{CuCl,\ NH_4Cl} CH_2{=}CH{-}C{\equiv}CH$ (ভিনাইল অ্যাসিটিলিন)

ভিনাইল অ্যাসিটিলিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যুত বিক্রিয়ায় ক্লোরোপ্রিন উৎপন্ন করে, যাহাকে পারসল্ট বা পার-অক্সাইড জাতীয় অনুঘটকের সাহায্যে পলিমারাইজ করিলে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ সংশ্লেষিত রবার নিয়োপ্রিন পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{ভিনাইল অ্যাসিটিলিন}}{CH_2{=}CH{-}C{\equiv}CH} + HCl \xrightarrow{CuCl,\ NH_4Cl} \underset{\text{ক্লোরোপ্রিন}}{CH_2{=}CH{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}{=}CH_2}$$

$$n\,CH_2{=}CH{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}{=}CH_2 \xrightarrow{K_2S_2O_8} \underset{\text{নিয়োপ্রিন রবার}}{\left[{-}CH_2{-}CH{=}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}{-}CH_2{-}\right]_n}$$

(5) **অ্যাসিড ধর্ম :** ত্রিবন্ধনযুক্ত কার্বনে হাইড্রোজেন পরমাণু সংযুক্ত থাকিলে উহার হাইড্রোজেন আয়নে পরিণত হইবার ক্ষমতা অর্থাৎ অ্যাসিডধর্ম লক্ষ্য করা যায়। সেজন্য অ্যাসিটিলিনের হাইড্রোজেনকে সোডিয়াম, কপার বা সিলভার দ্বারা প্রতিস্থাপন করা যায়;

$2CH{\equiv}CH + 2Na \rightarrow H_2 + 2NaC{\equiv}CH$ (সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড)

$CH{\equiv}CH + 2CuCl + 2NH_3 \rightarrow 2NH_4Cl + CuC{\equiv}CCu$

(কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইড)

$CH{\equiv}CH + 2AgNO_3 + 2NH_3 \rightarrow 2NH_4NO_3 + AgC{\equiv}CAg$

(সিলভার অ্যাসিটিলাইড)

(6) **কার্বনিলেশন :** নিকেল কার্বনিল অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চ চাপে অ্যাসিটিলিন কার্বন মনোক্সাইড ও সক্রিয় হাইড্রোজেনবাহী যৌগ অণুর (যেমন জল, অ্যালকোহল ইত্যাদি) সহিত যুতযৌগ গঠন করে। এই বিক্রিয়াকে কার্বনিলেশন বলে; $CH{\equiv}CH + CO + H_2O \longrightarrow CH_2{=}CHCOOH$ (অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড)

$$CH\equiv CH + CO + C_2H_5OH \longrightarrow CH_2{=}CHCOOC_2H_5$$
ইথাইল অ্যাক্রাইলেট

(7) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :** ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদি যে-সকল বিকারক যুতবিক্রিয়া ও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, এই উভয় প্রকার বিক্রিয়াই ঘটাইতে পারে তাহারা সাধারণত প্রথমে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে যুতবিক্রিয়ায় দ্রুতগতিতে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে পরিণত করে এবং পরে উৎপন্ন সম্পৃক্ত যৌগের অবশিষ্ট হাইড্রোজেনগুলি ধীরে ধীরে প্রতিস্থাপিত হয় ;

$$C_2H_4 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_4Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_3Cl_3 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_2Cl_4 \xrightarrow{Cl_2} C_2HCl_5 \xrightarrow{Cl_2} C_2Cl_6$$

কিন্তু R—CH=CH—CH_3 গঠনের অ্যালকিলগুলি গ্যাসীয় অবস্থায় উচ্চতর তাপমাত্রায় ক্লোরিনের সহিত যুত বিক্রিয়ার পরিবর্তে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটাইয়া থাকে এবং দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বনের পরবর্তী মিথাইল মূলকে ঐ প্রতিস্থাপন হয়।

যেমন, প্রোপিলিনের উপর 500°C তাপমাত্রায় ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যালাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ;

$$CH_3CH{=}CH_2 + Cl_2 \longrightarrow CH_2Cl\,.\,CH{=}CH_2 + HCl$$

ইথিলিন (Ethylene) C_2H_4

4.5 অবস্থান

কোল গ্যাসে প্রায় 4-6% ইথিলিন থাকে। প্রাকৃতিক গ্যাসে আরো বেশি, 20% পর্যন্ত ইথিলিন দেখিতে পাওয়া যায়। থার্মাল ক্র্যাকিং প্রক্রিয়াতেও ইথিলিনকে উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়।

4.6 প্রস্তুত পদ্ধতি

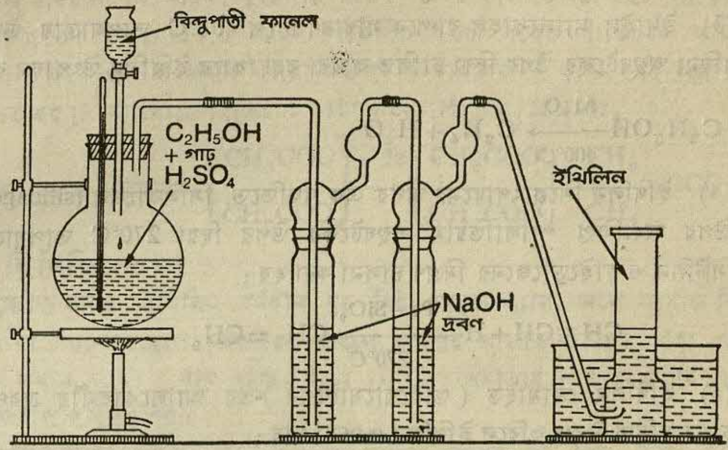
(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** ইথাইল অ্যালকোহল ও অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণকে 165 170°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে ইথিলিন প্রস্তুত করা হয়। বাস্তবে বিক্রিয়া দুইটি ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমে ইথাইল অ্যালকোহল সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট এস্টার উৎপন্ন করে ;

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

দ্বিতীয় পর্যায়ে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উচ্চতর তাপমাত্রায় বিয়োজিত হইয়া ইথিলিন ও সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়, $C_2H_5HSO_4 \rightarrow C_2H_4 + H_2SO_4$।

বিন্দুপাতী ফানেল, থার্মোমিটার ও নির্গমনলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে 1 : 3 অনুপাতে ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া

নির্গম নলটির সহিত পর্যায়ক্রমে দুইটি কস্টিক সোডা দ্রবণ-পূর্ণ গ্যাস ধৌতি-বোতল এবং গ্যাসদ্রোণীর মধুকোষ সংযুক্ত করা হয়। ফ্লাস্কের মধ্যে অধিক ফেনা উৎপত্তি



চিত্র 4.1 পরীক্ষাগারে ইথিলিন প্রস্তুতি

নিবারণের জন্য ভগ্ন কাচখণ্ড অথবা অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম সালফেট যোগ করা থাকে। গোলতল ফ্লাস্কটিকে একটি বালিগাহের অথবা অ্যাসবেস্টস বোর্ডের উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে **165°-170°C** তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ইথিলিন অল্প পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ধৌতি-বোতলে উপস্থিত হইলে কস্টিক সোডা কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লয়। ফ্লাস্কের ভিতরকার বায়ু বাহির হইয়া যাইবার পর ইথিলিনকে গ্যাসজারে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়ার গতি কমিয়া গেলে ফ্লাস্কের মধ্যে বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে **1 : 1** অনুপাতে ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ বিন্দু বিন্দু যোগ করিয়া বিক্রিয়ার গতি বাড়ানো হয়। শুষ্ক ইথিলিন গ্যাস প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে ধৌতি-বোতল হইতে নিষ্ক্রান্ত গ্যাসকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শুষ্ক করিয়া মার্কারির উপর সংগ্রহ করা হয়।

বিঃ দ্রঃ অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এবং উচ্চতর **(165°-170°C)** তাপমাত্রা ব্যবহৃত না হইলে বিক্রিয়ার প্রথম পর্যায়ে উৎপন্ন ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট, ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ডাই-ইথাইল ইথারে পরিণত হয়; $C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH \rightarrow H_2SO_4 + C_2H_5OC_2H_5$ (ডাই-ইথাইল ইথার।)

(2) উষ্ণ, গাঢ়, কস্টিক পটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে বিন্দু বিন্দু ইথাইল ব্রোমাইড (বা আয়োডাইড) যোগ করিলেও ইথিলিন উৎপন্ন হয়;

$$C_2H_5Br + KOH \rightarrow C_2H_4 + H_2O + KBr$$

কিন্তু এই পদ্ধতিতে ইথাইল ব্রোমাইডের বৃহদাংশ অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়ায় ডাই-ইথাইল ইথারে পরিণত হয় ;

$$C_2H_5Br + C_2H_5OH \rightarrow (C_2H_5)_2O + HBr$$

(3) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে সাধারণ চাপে 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনা অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিয়া বৃহদাকারে ইথিলিন উৎপাদন করা হয় ; $C_2H_5OH \xrightarrow[400°C]{Al_2O} C_2H_4 + H_2O$

(4) ইথিলিন শিল্পোৎপাদনের অপর এক পদ্ধতিতে, সিলিকাজেল (silicagel)-এর উপর অধঃক্ষিপ্ত প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপর দিয়া 270°C তাপমাত্রায় অ্যাসিটিলিন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ চালনা করা হয় ;

$$CH \equiv CH + H_2 \xrightarrow[270°C]{Pd-SiO_2} CH_2 = CH_2$$

(5) ইথিলিন ব্রোমাইড (ডাইব্রোমোইথেন)-এর অ্যালকোহলীয় দ্রবণকে জিঙ্কচূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন পাওয়া যায় ;

$$\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}} + Zn \longrightarrow CH_2 = CH_2 + ZnBr_2$$

(6) তাপবিভাজন (Thermal cracking) পদ্ধতিতে পেট্রোলিয়ামের উচ্চতর দীর্ঘ শৃঙ্খলবিশিষ্ট অংশকে 500°-600°C উষ্ণতায় ও 40 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ছিন্ন করিয়া ক্ষুদ্রতর শৃঙ্খলবিশিষ্ট গ্যাসোলিনে পরিণত করিবার সময়ে উপজাত সামগ্রী হিসাবে ইথিলিন পাওয়া যায়। ইথেনকে 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অথবা অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450°-500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলেও উহা তাপবিভাজিত হইয়া ইথিলিন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয় ;

$$C_2H_6 \xrightarrow{800°C} C_2H_4 + H_2$$

(7) কোল্ব সংশ্লেষণ : কোল্ব সংশ্লেষণ পদ্ধতিতেও ইথিলিন প্রস্তুত করা যায়। পটাসিয়াম সাক্সিনেট $\begin{matrix} CH_2-COOK \\ | \\ CH_2-COOK \end{matrix}$ -এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে প্লাটিনাম তড়িদ্-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ইথিলিন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যানোডে উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণকে কস্টিক সোডা দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত ইথিলিন পাওয়া যায় ;

বিক্রিয়া : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$;

$$\begin{matrix} CH_2-COOK \\ | \\ CH_2-COOK \end{matrix} \rightleftharpoons 2K^+ + \begin{bmatrix} CH_2COO \\ | \\ CH_2COO \end{bmatrix}^-$$

ক্যাথোডে পটাসিয়াম ও হাইড্রোজেন উভয়প্রকার আয়নই আকর্ষিত হয় কিন্তু পটাসিয়াম আয়নের মুক্তি বিভব হাইড্রোজেন আয়ন অপেক্ষা অধিক হওয়ায় শুধুমাত্র হাইড্রোজেন আয়নই মুক্তিলাভ করে। একই কারণে অ্যানোডে সাক্সিনেট ও হাইড্রক্সিল উভয় প্রকার আয়ন আকর্ষিত হওয়া সত্ত্বেও সাক্সিনেট আয়নই মুক্তিলাভ করে এবং তৎক্ষণাৎ বিয়োজিত হইয়া ইথিলিন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $H^+ + e \rightarrow [H]$; $2[H] \rightarrow H_2$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $$\begin{bmatrix} CH_2COO \\ | \\ CH_2COO \end{bmatrix}^{=} \xrightarrow{-2e} \begin{bmatrix} CH_2COO \\ | \\ CH_2COO \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{matrix} + 2CO_2$$

4.7 ইথিলিনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : ইথিলিন বর্ণহীন মৃদু মিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাস, জলে সামান্য কিন্তু ইথার বা অ্যালকোহলের মত জৈব তরলে লক্ষণীয় মাত্রায় দ্রাব্য। ইহা প্রায় বায়ুর সমান ভারী (বাষ্প ঘনত্ব 14)। 0°C তাপমাত্রায় 44 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ইহা তরলে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) ইথিলিন দহনের সহায়ক নয় কিন্তু নিজে দাহ্য। বায়ু বা অক্সিজেনে ইহা উজ্জ্বল শিখায় প্রজ্বলিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে ; $C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$

ইথিলিন ও বায়ুর মিশ্রণ প্রজ্বলিত করিলে বিস্ফোরণ ঘটে। সীমিত বায়ুতে দহনকালে ইথিলিন অসম্পূর্ণভাবে জারিত হইয়া কার্বন কণা মুক্ত করে ;

$$C_2H_4 + O_2 \longrightarrow 2C + 2H_2O$$

(2) **যুতযৌগ গঠন :** ইথিলিন দ্বিবন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত যৌগ (ইথিলিনের গঠন সম্পর্কে প্রথম অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে)। যুতযৌগ গঠন ইহার অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট। ইথিলিনের নিম্নলিখিত যুতবিক্রিয়াগুলি উল্লেখযোগ্য।

(a) ইথিলিন সাধারণ তাপমাত্রায় প্লাটিনাম অথবা 200°-300°C তাপমাত্রায় নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ইথেনে পরিণত হয় ; $CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow[300°C]{Ni} CH_3-CH_3$ (ইথেন)

(b) সাধারণ তাপমাত্রায় ইথিলিন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় ইথিলিন ক্লোরাইড (ডাচ অয়েল) উৎপন্ন করে ; $CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \rightarrow \underset{Cl}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{Cl}{\underset{|}{CH_2}}$

তবে বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে বহুক্ষণ ক্লোরিনের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে উৎপন্ন ইথিলিন ক্লোরাইডের অবশিষ্ট হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি একে একে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ; $C_2H_4Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_3Cl_3 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_2Cl_4 \xrightarrow{Cl_2} C_2HCl_5 \xrightarrow{Cl_2} C_2Cl_6$ (হেক্সাক্লোরো ইথেন)

দ্বিবন্ধনযুক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনগুলি ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় ডাচ অয়েল সদৃশ তৈলাক্ত তরল উৎপন্ন করে বলিয়াই ঐ হাইড্রোকার্বনগুলিকে ওলেফিন (Olefins) নামে অভিহিত করা হয়।

(c) কার্বনটেট্রাক্লোরাইড বা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত ব্রোমিন দ্রবণের মধ্যে ইথিলিন গ্যাস চালনা করিলে দ্রবণের লাল রঙ অন্তর্হিত হয় এবং ইথিলিন ব্রোমাইড পাওয়া যায় ;

$$CH_2=CH_2+Br_2 \rightarrow \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ Br \end{array} - \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ Br \end{array}$$

এই বিক্রিয়াকে অসম্পৃক্ত যৌগের সনাক্তকরণে ব্যবহার করা হয়।

ব্রোমিন জলে ইথিলিন চালনা করিলে ইথিলিন ডাইব্রোমাইডের সহিত ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিনও পাওয়া যায় ;

$$2CH_2=CH_2+Br_2+H_2O \longrightarrow \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ Br \end{array} - \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ Br \end{array} + \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ Br \end{array} - \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ OH \end{array}$$

ইথিলিন ডাইব্রোমাইড   ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিন

(d) ইথিলিন সালফার মনোক্লোরাইডের সহিত যুক্ত হইয়া বিষাক্ত মাস্টার্ড গ্যাস উৎপন্ন করে ;

$$S_2Cl_2+2CH_2=CH_2 \longrightarrow S+S\begin{array}{l} \diagup CH_2-CH_2-Cl \\ \diagdown CH_2-CH_2-Cl \end{array}$$ (মাস্টার্ড গ্যাস)

(e) ইথিলিন হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইথিলিন ক্লোরো-হাইড্রিন ও হাইপোব্রোমাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিন উৎপন্ন করে ;

$$CH_2=CH_2+HOCl \rightarrow \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ OH \end{array} - \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ Cl \end{array}$$

ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন

(f) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ইথিলিনকে শোষণ করিয়া ইথাইল হাই-ড্রোজেন-সালফেটে পরিণত করে ;

$$CH_2=CH_2+H.HSO_4 \rightarrow CH_3-\begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ SO_4H \end{array}$$

গ্যাস-বিশ্লেষণে (Gas analysis) এই বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয়। উৎপন্ন ইথাইল-হাইড্রোজেন-সালফেটকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিয়া অ্যালকোহলে পরিণত করিবার পদ্ধতিও ইথাইলঅ্যালকোহল-শিল্পোৎপাদনের একটি অন্যতম প্রধান পদ্ধতি।

(g) ইথিলিনকে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু জলীয় অথবা ক্ষারীয় দ্রবণে চালিত করিলে ইথিলিন গ্লাইকল উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণটির বেগুনী বর্ণ অন্তর্হিত হইয়া সামান্য পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ;

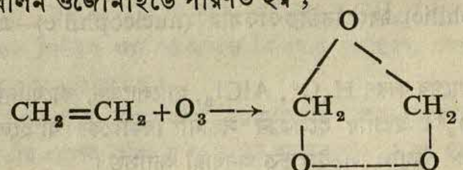
$$CH_2=CH_2 \xrightarrow[H_2O]{[O]} \underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH_2} \quad \text{(ইথিলিন গ্লাইকল)}$$

0°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটিকে সংঘটিত করিতে পারিলে ইথিলিন গ্লাইকলকে পৃথক করাও সম্ভব হয়। উচ্চতর তাপমাত্রায় দ্বিতীয় পর্যায়ের জারণ বিক্রিয়ায় ইথিলিন গ্লাইকলের প্রধান অংশ অন্যান্য যৌগে রূপান্তরিত হইয়া যায়।

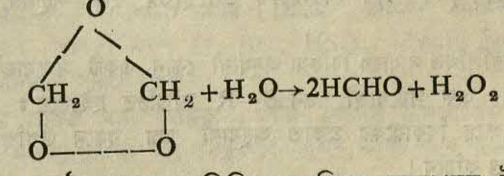
ইথিলিনের দ্বিবন্ধনে হাইড্রক্সিল মূলক সংযোজন অন্য উপায়েও করা সম্ভব। গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড অথবা অনার্দ্র ফর্মিক অ্যাসিডে ইথিলিন দ্রবীভূত করিয়া, দ্রবণে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যোগ করিবার পর সামান্য উষ্ণ করিলে, ইথিলিন গ্লাইকল উৎপন্ন হয় ;

$$CH_2=CH_2+H_2O_2 \rightarrow \underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH_2}$$

(h) ক্লোরোফর্ম, কার্বনটেট্রাক্লোরাইড, পেট্রোলিয়াম ইথার অথবা গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে ইথিলিন দ্রবীভূত করিয়া, উৎপন্ন দ্রবণে ওজোন গ্যাস চালনা করিলে ইথিলিন ওজোনাইডে পরিণত হয় ;


(ইথিলিন ওজোনাইড)

ইথিলিন ওজোনাইডকে প্রলম্বিত জিঙ্কধূলি সহ জলের দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে ফর্ম্যালডিহাইড পাওয়া যায় (জিঙ্কচূর্ণ ফর্ম্যালডিহাইডের আরো অধিক জারণে বাধা দেয়) ;



(3) **পলিমারাইজেশন :** বিভিন্ন পদ্ধতিতে বহুসংখ্যক ইথিলিন অণুকে পরস্পর সংযুক্ত করিয়া দৈত্যাকার অণুতে পরিণত করা যায়।

$$nCH_2=CH_2 \xrightarrow{\text{অনুঘটক}} \cdots CH_2.CH_2-CH_2.CH_2-CH_2.CH_2\cdots\cdots$$

পলিইথিলিন-(পলিমিথিলিন)

(a) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) বা বোরন ফ্লুয়োরাইডের মত অ্যাসিডধর্মী (অর্থাৎ ইলেকট্রনযুগল গ্রহণে সক্ষম) অনুঘটকের উপস্থিতিতে পলিমারাইজ করিলে অপেক্ষাকৃত কম আণবিক গুরুত্বের তরল পলিমার (Buna oil) উৎপন্ন হয় যাহাতে বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের শাখাশৃঙ্খল সংযুক্ত থাকে।

(b) 200°-250°C তাপমাত্রায়, 1000 – 2000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং সামান্য পরিমাণ (0·01%) অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ইথিলিনকে পলিমারাইজ করিলে 10,000 – 40,000 আণবিকগুরুত্বসম্পন্ন, শাখাশৃঙ্খলযুক্ত যে গুরুত্বপূর্ণ পলিইথিলিন উৎপন্ন হয়, তাহাকে 'পলিথিন বা অ্যালকাথিন' নামে ব্যাপকভাবে প্লাস্টিকের চাদর ও শিশিবোতল নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।

(c) 70°C উষ্ণতায় 7 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে $Al\,C_2H_5)_3$ অনুঘটক (ৎসাইক্লার অনুঘটক) ও $TiCl_4$ উদ্দীপকের উপস্থিতিতে পলিমারাইজ করিলে ; অথবা 90°-180°C উষ্ণতায়, 30 – 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, Cr_2O_3 (অথবা M_0O_3) অনুঘটকের উপস্থিতিতে পলিমারাইজ করিলে ইথিলিন 20,000 হইতে 30,000 আণবিক গুরুত্বের প্রায় শাখাহীন দীর্ঘশৃঙ্খল উন্নততর পলিমারে পরিণত হয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব ও নমনীয়াঙ্ক পূর্বোক্ত পলিইথিলিন অপেক্ষা অধিক। এই প্রকার পলিথিনকে চাদর নির্মাণ ব্যতীতও বাসনপত্র নির্মাণে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

যুত বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া কৌশল : জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ধ্রুবীয় (polar) ও অধ্রুবীয় দুই ধরনের কৌশলই (mechanism) দেখিতে পাওয়া যায়। ধ্রুবীয় বিক্রিয়াকে আবার ইলেকট্রোফিলীয় (electrophilic) এবং নিউক্লিওফিলীয় (nucleophilic)—এই দুইভাগে ভাগ করা হয়।

ইলেকট্রোফিলীয় সংযোগের কারণ H_3O^+, $AlCl_3$, হ্যালোজেন, কার্বোনিয়াম আয়ন, নাইট্রোনিয়াম আয়ন (NO_2^+) ইত্যাদি ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারকের বা ইলেকট্রোফিলের (electrophile) উপস্থিতি। এগুলি লিউইস তত্ত্ব অনুযায়ী অ্যাসিড।

নিউক্লিওফিলীয় সংযোগের কারণ I^-, OH^-, RO^-, CN^-, H—O—H, R—O—H ইত্যাদি নিউক্লিয়াস সন্ধানী বিকারকের বা নিউক্লিওফিলের (nucleophile) উপস্থিতি যাহারা ইলেকট্রন দানের ক্ষমতাসম্পন্ন বলিয়া লিউইস তত্ত্ব অনুযায়ী ক্ষারকীয়।

অপরপক্ষে মুক্ত মূলক সদৃশ বিকারকের উপস্থিতির ফলে অধ্রুবীয় কৌশল বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।

ধরা যাউক নিম্নলিখিত সাধারণ বিক্রিয়া অনুযায়ী কোন একটি সমযোজী বন্ধন R—A ভাঙিয়া নূতন আর এক সমযোজী বন্ধন B—R প্রতিষ্ঠিত হইতেছে : $R—A+B \rightarrow BR+A$। সেক্ষেত্রে বিকারকের প্রকৃতি অনুযায়ী ভগ্ন বন্ধনে উপস্থিত ইলেকট্রনযুগল নিজেদের পুনর্বিন্যস্ত করিবে।

বিকারক B মুক্ত মূলক প্রকৃতির হইলে R—A বন্ধনের একটি ইলেকট্রন R-এর সহিত এবং অপরটি A-এর সহিত থাকিয়া যাইবে। অর্থাৎ,

$R:A \rightarrow R^{\cdot}+A^{\cdot}$ (সুষম বা প্রতিসম ভাঙ্গন homolytic or symmetrical fission) কিন্তু বিকারকের B এর প্রকৃতি ইলেকট্রোফিল বা ইলেকট্রন সন্ধানী হইলে বন্ধনের ইলেকট্রন দুইটিকে R একাই অধিকার করিয়া লইবে।

$$R:A \rightarrow R:^- + A^+$$

অপরপক্ষে বিকারকের প্রকৃতি নিউক্লিওফিল বা নিউক্লিয়াস সন্ধানী হইলে বন্ধনের ইলেকট্রন দুইটিকে একা A অধিকার করিয়া লইবে।

$$R:A \rightarrow R^+ + A:^-$$

শেষোক্ত দুই প্রকার ভাঙনই অসম বা অপ্রতিসম (heterolytic or unsymmetrical) এবং ঐ ধরনের ভাঙনের ফলে বিপরীতধর্মী আয়নের আবির্ভাব ঘটে। স্পষ্টত এইরূপ বিক্রিয়ায় ভগ্ন বন্ধনের ইলেকট্রন দুইটি সরিয়া নূতন স্থান গ্রহণ করে। ইলেকট্রনযুগলের এইরূপ সরণের অভিমুখকে একটি বক্র তীর চিহ্ন দ্বারা সূচিত করা যায়।

$$R-A \longrightarrow R^{+} + A^{-} \quad ; \quad R-A \longrightarrow R^{-} + A^{+}$$

অ্যালকিনের যুত বিক্রিয়ায় সমযোজী বন্ধনের বিভিন্ন প্রকার ভাঙন এবং বিভিন্ন প্রকার বিক্রিয়া কৌশল দেখিতে পাওয়া যায়।

(1) **ইথিলিনের সহিত HCl-এর যুত বিক্রিয়া ঃ** (ধ্রুবীয় কৌশল, ইলেকট্রোফিলীয় সংযোগ) C=C দ্বিবন্ধনের মধ্যে একটি সিগ্‌মা (σ) ও একটি পাই (π) বন্ধন থাকে। সিগমাবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণু দুইটির তলের উপরে এবং নিচে এই পাই ইলেকট্রনের মেঘ অবস্থান করে। এগুলি অনেক বেশি উন্মুক্ত এবং শিথিলভাবে আবদ্ধ। সেইজন্য বহু বিক্রিয়ায় এই π-বন্ধন, ইলেকট্রন সরবরাহের উৎস বা লিউইস ক্ষারক হিসাবে কাজ করে। আলোচ্য বিক্রিয়া দুইটি ধাপে সংঘটিত হয়। প্রথম ধাপে বিকারকের প্রোটন (লিউইস অ্যাসিড) ইথিলিনের সহিত সংযুক্ত হয়।

$$CH_2=CH_2+H^{+}\rightarrow C^{+}H_2-CH_3 \text{ (কার্বোনিয়াম আয়ন)}$$

এই বিক্রিয়া লিউইস অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়ার উদাহরণ, যেখানে π বন্ধনের ইলেকট্রন ক্ষারক হিসাবে কাজ করিয়াছে।

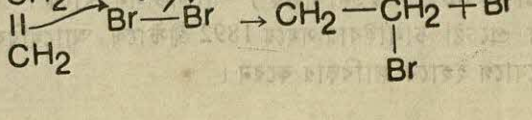
বিক্রিয়ার প্রথম ধাপে উৎপন্ন কার্বোনিয়াম আয়ন অত্যন্ত দুঃস্থিত এবং ইহা উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে দ্বিতীয় ধাপের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড আয়নের সহিত যুক্ত হয়।

$$C^{+}H_2-CH_3+Cl^{-}\rightarrow ClCH_2-CH_3$$

দ্বিতীয় ধাপের বিক্রিয়াও লিউইস অ্যাসিড ক্ষারক বিক্রিয়া যেখানে কার্বোনিয়াম আয়ন (লিউইস অ্যাসিড) ক্লোরাইড আয়ন (লিউইস ক্ষারক)-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়াছে।

ইথিলিনের সহিত HI, HBr. H_2SO_4 ইত্যাদির যুত বিক্রিয়াও উপরি-উক্ত কৌশলে অগ্রসর হয়। প্রথমে একটি ইলেকট্রনসন্ধানীর (প্রোটন) আক্রমণে অ্যালকিন কার্বোনিয়াম আয়নে পরিণত হয়। পরবর্তী ধাপে I^-, Br^-, HSO_4^- ইত্যাদি নিউক্লিয়াস সন্ধানী আসিয়া সেই কার্বোনিয়াম আয়নে যুক্ত হয়।

হ্যালোজেনের সহিত যুত বিক্রিয়া (ধ্রুবীয় কৌশল ইলেকট্রোফিলীয় সংযোগ) ঃ Cl_2 বা Br_2-এর মত হ্যালোজেন অণু স্বতন্ত্রভাবে অধ্রুবীয়, কারণ অণুর ভিতরকার দুইটি সদৃশ পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনগুলি সমভাবে বণ্টিত থাকে। কিন্তু যখন তাহারা C=C দ্বিবন্ধনের π-ইলেকট্রনের প্রভাবাধীন হয়, তখন উভয়ের মধ্যে পারস্পরিক সমবর্তনের (polarization) ফলে C=C দ্বিবন্ধনের নিকটতর পরমাণুটি কিছু পরিমাণ ধনাত্মক আধানগ্রস্ত এবং অপর পরমাণুটি সমপরিমাণ ঋণাত্মক আধানগ্রস্ত হইয়া উঠে। এইরূপ সমবর্তনের ফলে π-বন্ধন এবং হ্যালোজেন—হ্যালোজেন বন্ধন উভয় বন্ধনই শেষ পর্যন্ত ভাঙিয়া যায় এবং একটি হ্যালাইড ও একটি কার্বোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন হয়।



[ঘটনাটিকে C=C দ্বিবন্ধনে একটি ধনাত্মক আধানগ্রস্ত ব্রোমোনিয়াম (Br^+) আয়নের আক্রমণ হিসাবে কল্পনা করা চলে।] পরিশেষে নিউক্লিওফিল ঋণাত্মক আধানগ্রস্ত ব্রোমাইড আয়ন আসিয়া কার্বোনিয়াম আয়নের সহিত যুক্ত হয়।

$$C^+H_2-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}}H_2+Br^-\longrightarrow \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}}H_2-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}}H_2$$

বিঃ দ্রঃ আধুনিক মত অনুযায়ী প্রথমে Br^+ একটি কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত না হইয়া উভয় কার্বনের সংযোজক π-বন্ধনের ইলেকট্রনযুগলের সহিত সংযুক্ত হয় এবং একটি π-জটিল (π-complex) উৎপন্ন করে।

পারঅক্সাইড সূচিত হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সংযোজন (মুক্ত মূলক কৌশল) :

সূচনা বিক্রিয়া : অ্যাসিটিল পারঅক্সাইড ইত্যাদি পারঅক্সাইডের বিয়োজনে মুক্ত মূলক সৃষ্ট হয় যাহা HBr-কে জারিত করিয়া ব্রোমিন মূলক উৎপন্ন করে ; পারঅক্সাইড→মুক্ত মূলক$\dot{}$

$$\text{মুক্ত মূলক}\dot{+}H : Br\rightarrow\text{মুক্ত মূলক} : H+\dot{Br}$$

বিস্তার বিক্রিয়া : সূচনা বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ব্রোমাইড মূলক ইলেকট্রনীয় মেঘের অধিক ঘনত্বসম্পন্ন কার্বন পরমাণুতে (অর্থাৎ প্রান্তিক কার্বন পরমাণুতে) যুক্ত হইয়া একটি মুক্ত মূলক সৃষ্টি করে।

$$CH_3-CH=CH_2+\dot{Br}\longrightarrow CH_3-\dot{C}H-CH_2Br$$

এই নবসৃষ্ট মুক্ত মূলক পারঅক্সাইড সৃষ্ট মুক্ত মূলকের ন্যায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড হইতে হাইড্রোজেন কাড়িয়া লইয়া ব্রোমিন মূলক পুনরুৎপন্ন করে এবং শৃঙ্খল বিক্রিয়া বিস্তার লাভ করে।

$$CH_3-\dot{C}H-CH_2Br+HBr\longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2Br+\dot{Br}$$

পরিসমাপ্তি বিক্রিয়া : ক্রিয়াশীল ব্রোমিন মূলক এবং উহার সৃষ্ট মুক্ত মূলক পারস্পরিক বিক্রিয়া করিলে অথবা বিক্রিয়াপাত্রের দেওয়ালের সহিত সংঘাতে নিষ্ক্রিয় হইলে শৃঙ্খলবিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘটে।

4.8 ইথিলিনের ব্যবহার

(1) পলিথিন উৎপাদনে (2) ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদনে, (3) ইথিলিন ক্লোরাইড, ইথিলিন ব্রোমাইড, ইথিলিন গ্লাইকল প্রস্তুতিতে, (4) বিষাক্ত মাস্টার্ড গ্যাস প্রস্তুতিতে, (5) ফল পাকাইতে এবং (6) চেতনানাশক হিসাবে ইথিলিন ব্যবহৃত হয়।

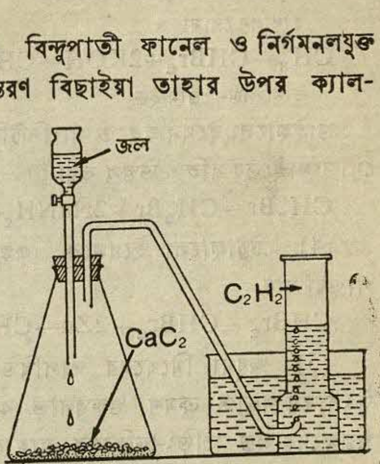
অ্যাসিটিলিন (Acetylene) C_2H_2

4.9 অবস্থান

প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় অ্যাসিটিলিন দেখিতে পাওয়া যায় না। কোল গ্যাসে যৎসামান্য (প্রায় 0·06% আয়তনভিত্তিক) অ্যাসিটিলিন থাকে। ধাতব ক্যালসিয়াম প্রস্তুতির প্রচেষ্টা চালাইবার সময়ে 1892 খ্রীস্টাব্দে অ্যামেরিকান বিজ্ঞানী উইলসন দৈবযোগে ইহাকে আবিষ্কার করেন।

4.10 প্রস্তুতি পদ্ধতি

(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি কনিকাল ফ্লাস্কে পূর্ব হইতে বালির আস্তরণ বিছাইয়া তাহার উপর ক্যালসিয়াম কার্বাইডের খণ্ড রাখা হয়। বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে ফ্লাস্কের মধ্যে বিন্দু বিন্দু জল যোগ করিলে অ্যাসিটিলিন নির্গত হইতে থাকে। ফ্লাস্কের ভিতরকার বায়ু বাহির হইয়া যাইবার পর নির্গমনলটিকে গ্যাস-দ্রোণীতে ডুবাইয়া জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা অ্যাসিটিলিনকে গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



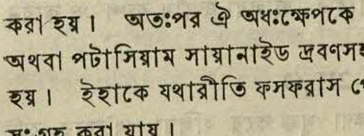
চিত্র 4.2 পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণ : এইরূপে প্রস্তুত অ্যাসিটিলিন বিশুদ্ধ নহে। ইহার মধ্যে ফসফিন (PH_3), আরসাইন (AsH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), অ্যামোনিয়া (NH_3) প্রভৃতি অশুদ্ধি উপস্থিত থাকিয়া গ্যাসটিকে দুর্গন্ধযুক্ত করে। এই অশুদ্ধিগুলি দূরীভূত করিবার জন্য উৎপন্ন গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে অ্যাসিডযুক্ত কপার সালফেট দ্রবণ ও ব্লিচিং পাউডার দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। পরিশেষে ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করার পর মার্কারির উপর সংগ্রহ করা হয়।

অপর এক পদ্ধতিতে অশুদ্ধিযুক্ত অ্যাসিটিলিনকে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে চালিত করিয়া কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইডের লাল অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করা হয়। অতঃপর ঐ অধঃক্ষেপকে পৃথক করিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণসহ উষ্ণ করিলে অশুদ্ধিমুক্ত অ্যাসিটিলিন নির্গত হয়। ইহাকে যথারীতি ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করিয়া মার্কারির উপর সংগ্রহ করা যায়।

(2) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি :** হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে কার্বন তড়িদ্দ্বারের মধ্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করিয়া অ্যাসিটিলিনকে উহার উপাদান মৌলগুলি হইতে সরাসরি প্রস্তুত করা যায় ; $2C+H_2 \rightarrow C_2H_2$

কিন্তু উৎপন্ন অ্যাসিটিলিনের পরিমাণ বেশি হয় না ; 2500°C তাপমাত্রায় মাত্র 3·7%



চিত্র 4.3 অ্যাসিটিলিন সংশ্লেষণ

(3) ইথিলিন ব্রোমাইডকে অথবা ইথিলিডিন ব্রোমাইডকে কস্টিক পটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিলিন নির্গত হয় ;

$CH_2Br - CH_2Br + 2KOH \rightarrow CH \equiv CH + 2KBr + 2H_2O$
ইথিলিন ব্রোমাইড

$CH_3 - CHBr_2 + 2KOH \rightarrow CH \equiv CH + 2KBr + 2H_2O$
ইথিলিডিন ব্রোমাইড

ডাইহ্যালো ইথেন হইতে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতির আরো ভালো উপায় উহাকে সোডামাইডের সহিত উত্তপ্ত করা ;

$CH_2Br - CH_2Br + 2NaNH_2 \rightarrow CH \equiv CH + 2NaBr + 2NH_3$

(4) টেট্রাহ্যালো ইথেনকে জিঙ্কচূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিলেও অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায় ;

$CHBr_2 - CHBr_2 + 2Zn \rightarrow CH \equiv CH + 2ZnBr_2$

(5) অধুনা মিথেনের তাপবিভাজনে (thermal cracking) অ্যাসিটিলিন উৎপাদন পদ্ধতি ক্রমশ গুরুত্বলাভ করিতেছে। তাপবিভাজনের জন্য মিথেনকে স্বল্পক্ষণের জন্য তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে 1400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

$$2CH_4 \rightleftharpoons HC \equiv CH + 3H_2$$

4.11 অ্যাসিটিলিনের ধর্ম

ভৌতধর্ম : বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন বর্ণহীন মিষ্টগন্ধযুক্ত গ্যাস। কিন্তু সাধারণত ফসফিন, আর্সাইন, হাইড্রোজেন সালফাইড ইত্যাদি অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকে বলিয়া দুর্গন্ধযুক্ত মনে হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য হালকা। 26 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 0°C উষ্ণতায় শীতল করিলে ইহা বিস্ফোরক তরলে পরিণত হয়। ইহা জলে অল্পমাত্রায় দ্রাব্য (1 : 1 আয়তনে), কিন্তু অ্যাসিটোনে দ্রাব্যতা খুব বেশি।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) **দহন**—অ্যাসিটিলিন দহনের সহায়ক নয় কিন্তু নিজে দাহ্য। বায়ুতে জ্বালাইলে ইহা উজ্জ্বলশিখার সহিত জ্বলিয়া জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

অসম্পূর্ণ দহনে অ্যাসিটিলিন প্রচুর কার্বনকণা মুক্ত করে বলিয়া ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

$$2C_2H_2 + O_2 \rightarrow 4C + 2H_2O$$

অতিরিক্ত অক্সিজেনে জ্বালাইলে ইহা যে নীলাভ শিখা (অক্সিঅ্যাসিটিলিন শিখা) সৃষ্টি করে তাহার তাপমাত্রা প্রায় 3500°C এবং উহাকে ধাতু গলাইতে এবং ধাতব খণ্ড জোড়া লাগাইতে ব্যবহার করা হয়।

(2) **অ্যাসিড ধর্ম :** ইথিলিনের সহিত অ্যাসিটিলিনের প্রধান প্রভেদ এই যে, অ্যাসিটিলিন অ্যাসিডধর্মী। ইহার কারণ এই যে, অ্যাসিটিলিনে sp সঙ্করায়ন ঘটে (প্রথম অধ্যায় দ্রষ্টব্য) এবং এইরূপ সঙ্করায়নে কার্বনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ইথিলিনের sp^2 সঙ্করায়নের ক্ষেত্র অপেক্ষা অনেক বাড়িয়া যায়। সেইজন্য অ্যাসি-টিলিনের হাইড্রোজেনের আয়নিত হইবার প্রবণতা আছে। অ্যাসিটিলিনের

হাইড্রোজেনকে সহজেই সোডিয়াম, কপার বা সিলভার দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়।

[বিঃ দ্রঃ sp^3 সঙ্করায়িত মিথেনে কক্ষকের s-চরিত্র 25%, যেখানে ইথিলিনে 33% এবং অ্যাসিটিলিনে 50%। s-চরিত্রের আধিক্য হেতু অ্যাসিটিলিনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রকের বেশি নিকটবর্তী থাকিতে চায়, অর্থাৎ কার্বনের ইলেকট্রন-জোড়কে সঙ্গে রাখার প্রবণতা বা তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি হয়।]

উত্তপ্ত সোডিয়াম অথবা (সাধারণত তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত অবস্থায়) সোডামাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড এবং অতিরিক্ত পরিমাণ বিকারক ব্যবহৃত হইলে ডাইসোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড উৎপন্ন করে।

$$2CH{\equiv}CH + 2Na \rightarrow 2CH{\equiv}CNa + H_2$$

$$CH{\equiv}CH + NaNH_2 \rightarrow CH{\equiv}CNa + NH_3$$

$$2CH{\equiv}CNa + 2Na \rightarrow 2NaC{\equiv}CNa + H_2$$

অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড অথবা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্যে চালনা করিলে অ্যাসিটিলিন যথাক্রমে লালবর্ণ কপার অ্যাসিটিলাইড অথবা সাদা-রঙের সিলভার অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিপ্ত করে ;

$$2CuCl + CH{\equiv}CH + 2NH_3 \rightarrow CuC{\equiv}CCu + 2NH_4Cl$$

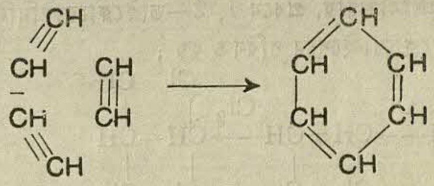
$$2AgNO_3 + CH{\equiv}CH + 2NH_3 \rightarrow AgC{\equiv}CAg + 2NH_4NO_3$$

উৎপন্ন কপার অ্যাসিটিলাইড বা সিলভার অ্যাসিটিলাইডের অধঃক্ষেপকে পৃথক করিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন গ্যাস নির্গত হয় ;

$$CuC{\equiv}CCu + 2HCl \rightarrow CH{\equiv}CH + 2CuCl$$

$$AgC{\equiv}CAg + 2KCN + 2H_2O \rightarrow 2AgCN + 2KOH + CH{\equiv}CH$$

(3) **পলিমারাইজেশন বিক্রিয়া :** (a) 500°-600°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত আয়রন নলের ভিতর দিয়া চালিত করিলে অ্যাসিটিলিন বেঞ্জিনে পরিণত হয় ;



(b) সচ্ছিদ্র কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিলিন জটিলতর অপর একপ্রকার পলিমারে রূপান্তরিত হয়। কিউপ্রিন (Cuprene) নামে পরিচিত এই হলুদবর্ণ পলিমার বৃত্তীয় হাইড্রোকার্বন, কিন্তু ইহার সম্পূর্ণ গঠন এখনো নির্ণীত হয় নাই।

(c) কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত দ্রবণে অ্যাসিটিলিন চালনা করিলে দুই অণু অ্যাসিটিলিন পরস্পর সংযুক্ত হইয়া ভিনাইল অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে ;

$$2CH{\equiv}CH \rightarrow \underset{\text{ভিনাইল অ্যাসিটিলিন}}{CH_2{=}CHC{\equiv}CH}$$

ভিনাইল অ্যাসিটিলিন হইতে গুরুত্বপূর্ণ সংশ্লেষিত রবার নিয়োপ্রিন প্রস্তুত করা হয়, যে-বিষয়ে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে।

যুত বিক্রিয়া

(a) **হাইড্রোজেনের সহিত যুত বিক্রিয়া :** প্লাটিনাম, প্যালাডিয়াম, নিকেল ইত্যাদি অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন ধাপে ধাপে হাইড্রোজেন গ্রহণ করিয়া প্রথমে ইথিলিন ও পরে ইথেনে পরিণত হয়। প্লাটিনামের উপস্থিতিতে সাধারণ তাপমাত্রাতেই বিক্রিয়া হয় কিন্তু নিকেলের ক্ষেত্রে উচ্চতর তাপমাত্রার প্রয়োজন ঘটে ;

$$CH{\equiv}CH \xrightarrow[H_2]{Pt} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2{=}CH_2} \xrightarrow[H_2]{Pt} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3{-}CH_3}$$

বিশেষ ক্ষেত্রে, যেমন 270°C তাপমাত্রায় প্যালাডিয়ামের উপস্থিতিতে, যুত-বিক্রিয়া ইথিলিন উৎপত্তির পর থামিয়া যায় ;

$$C_2H_2 + H_2 \xrightarrow[270°C]{Pd} C_2H_4$$

(b) **হ্যালোজেনের সহিত বিক্রিয়া :** অ্যাসিটিলিন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সাধারণ তাপমাত্রাতেই বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া ঘটাইয়া কার্বনকণা ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ; $C_2H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2C + 2HCl$

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যাসিটিলিনে কার্বনের উপস্থিতির প্রমাণ পাওয়া যায়।

কীজেলগুর (Kieselguhr) (সূক্ষ্ম সিলিকাচূর্ণযুক্ত এক প্রকার মাটি) অথবা $FeCl_3$, $SbCl_5$ ইত্যাদি ধাতব ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন ক্লোরিনের সহিত যুতবিক্রিয়ায়, প্রথমে 1, 2—ডাইক্লোরোইথিলিনে এবং পরিশেষে 1, 1, 2, 2—টেট্রাক্লোরো ইথেনে পরিণত হয় ;

$$CH{\equiv}CH \xrightarrow{Cl_2} CHCl{=}CHCl \xrightarrow{Cl_2} CHCl_2{-}CHCl_2$$

ব্রোমিনও ক্লোরিনের অনুরূপ বিক্রিয়া করে, তবে অপেক্ষাকৃত ধীরগতিতে ;

$$CH{\equiv}CH \xrightarrow{Br_2} CHBr{=}CHBr \xrightarrow{Br_2} CHBr_2{-}CHBr_2$$

(c) **হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সহিত বিক্রিয়া :** অ্যাসিটিলিনের সহিত হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের যুত বিক্রিয়াও দুইটি ধাপে সম্পন্ন হয়। এইরূপ

বিক্রিয়ায় সক্রিয়তার নিরিখে HI>HBr>HCl। বিক্রিয়ার ফলে প্রথমে ভিনাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয় যাহাতে দ্বিতীয় অণু হ্যালোজেন হাইড্রাসিড মারকনিকফের নিয়ম অনুযায়ী সংযুক্ত হইয়া ইথিলিডিন হ্যালাইড গঠন করে ;

$$CH \equiv CH \xrightarrow{HI} \underset{\text{ভিনাইল আয়োডাইড}}{CH_2 = CHI} \xrightarrow{HI} \underset{\text{ইথিলিডিন আয়োডাইড}}{CH_3 - CHI_2}$$

মারকিউরিক ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে অ্যাসিটিলিন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত সংযুক্ত হইয়া ভিনাইল ক্লোরাইডে পরিণত হয় ;

$$CH \equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2 = CHCl \text{ (ভিনাইল ক্লোরাইড)}$$

ভিনাইল ক্লোরাইড পারঅক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে পলিমারাইজেশন বিক্রিয়ায় পলিভিনাইল ক্লোরাইড (Polyvinylchloride বা P V C) উৎপন্ন করে। P. V. C. নকল চামড়া, রেক্সিন, জুতা ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

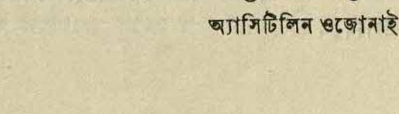
$$CH_2 = CHCl \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} \underset{\text{পলিভিনাইল ক্লোরাইড)}}{(CH_2 - CHCl)_n}$$

(d) **জলের সহিত সংযুক্তি :** মারকিউরিক সালফেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে লঘু (20%) সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে ঈষদুষ্ণ (60°-80°C) অবস্থায় অ্যাসিটিলিন চালিত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয় ; প্রথমে অ্যাসিটিলিন এক অণু জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া ভিনাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে যাহা পরবর্তী ধাপে আণবিক পুনর্বিন্যাসের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইডে রূপান্তরিত হয়।

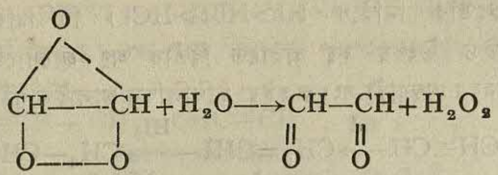
$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} \left[\begin{array}{c} CH_2 = CH \\ | \\ \quad OH \end{array} \right] \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{\begin{array}{c} CH_3 - C - H \\ \| \\ O \end{array}}$$

এইরূপে প্রস্তুত অ্যাসিট্যালডিহাইডকে জারিত করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং বিজারিত করিয়া ইথাইল অ্যালকোহলের পণ্যোৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

(e) কার্বনটেট্রাক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম, পেট্রোলিয়াম ইথার, গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় দ্রাবকে অ্যাসিটিলিনকে দ্রবীভূত করিয়া, উহার মধ্যে ওজোন গ্যাস চালনা করিলে অ্যাসিটিলিন ওজোনাইড পাওয়া যায়। উৎপন্ন ওজোনাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে গ্লাই-অক্সাল সৃষ্ট হয় ;



অ্যাসিটিলিন ওজোনাইড



গ্লাই-অক্সাল

আবার গ্লাই-অক্সাল হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের দ্বারা আরো জারিত হইয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয় ;

$$\begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix} + H_2O_2 \longrightarrow 2HCOOH$$

(f) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু ক্ষারীয় দ্রবণে অ্যাসিটিলিন চালনা করিলে, দ্রবণের বেগুনীবর্ণ অন্তর্হিত হয় এবং অল্প ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের বাদামীবর্ণ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। বিক্রিয়ার ফলে গ্লাই-অক্সাল উৎপন্ন হয়, যাহা আরো জারিত হইয়া ক্রমশ অক্সালিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়া যায়।

$$CH\equiv CH \xrightarrow[(KMnO_4)]{2[O]} \underset{\substack{\| \\ O}}{CH}-\underset{\substack{\| \\ O}}{CH} \xrightarrow{2[O]} \underset{\substack{\| \\ O}}{HOC}-\underset{\substack{\| \\ O}}{COH}$$

অক্সালিক অ্যাসিড

(g) **রেপে সংশ্লেষণ (Reppe Syntheses) :** রেপে সংশ্লেষণে অ্যাসিটিলিনের ত্রিবন্ধনকে হাইড্রক্সিল, কার্বক্সিল, কার্বনিল ইত্যাদি কার্যকরী মূলকযুক্ত যৌগের সাহায্যে আংশিকভাবে সম্পৃক্ত করিয়া গুরুত্বপূর্ণ দ্বিবন্ধনযুক্ত যৌগে পরিণত করা হয়।

(i) **ভিনাইল ইথার প্রস্তুতি :** 150°-165°C তাপমাত্রায়, কস্টিক পটাস অনুঘটকের উপস্থিতিতে এবং চাপের প্রভাবে অ্যালকোহল অ্যাসিটিলিনের ত্রিবন্ধনে যুক্ত হইয়া ভিনাইল ইথার উৎপন্ন করে।

$$CH\equiv CH + ROH \xrightarrow{KOH} CH_2=CHOR$$ (ভিনাইল ইথার)

ভিনাইল ইথারকে বোরনট্রাইফ্লোরাইড অনুঘটকের সাহায্যে পলিমারাইজেশন বিক্রিয়ায়, বস্ত্রশিল্পে ও ল্যাকারশিল্পে ব্যবহার্য পলিভিনাইল ইথারে পরিণত করা যায়।

$$n(CH_2=CHOR) \xrightarrow{BF_3} [-CH_2-CH.OR-]_n$$

(ii) **ভিনাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতি :** মারকিউরিক, টিন বা ক্যাডমিয়াম লবণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে 70°C তাপমাত্রায় অ্যাসিটিলিনের ত্রিবন্ধনে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সংযুক্তির ফলে ভিনাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয় ;

$CH\equiv CH + CH_3COOH \rightarrow CH_2=CH-OCOCH_3$ (ভিনাইল অ্যাসিটেট)

পারঅক্সাইড অনুঘটকের প্রভাবে ভিনাইল অ্যাসিটেটের পলিমারাইজেশন বিক্রিয়ায় পলিভিনাইল অ্যাসিটেট (P.V.A) উৎপন্ন হয় যাহা জৈব আঠা এবং ল্যাকার শিল্পে বহুল ব্যবহৃত উপাদান।

$$CH_2=CH\underset{OCOCH_3}{|}\xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}}\left[\begin{array}{c}CH_2-CH\\ \quad\ \ |\\ \quad\ \ OCOCH_3\end{array}\right]_n$$

(iii) **অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড ও অ্যাক্রাইলিক এস্টার প্রস্তুতি (কার্বনিলেশন)ঃ** নিকেল কার্বনিল অনুঘটকের উপস্থিতিতে কার্বনমনোক্সাইড এবং জল বা অ্যালকোহল, অ্যাসিটিলিনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড ও অ্যাক্রাইলিক এস্টার গঠন করে ;

$$CH\equiv CH+CO+H-OH\xrightarrow{Ni(CO)_4}CH_2=CH-COOH$$

(অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড)

$$CH\equiv CH+CO+H-O-R\xrightarrow{Ni(CO)_4}CH_2=CH-COOR$$

(অ্যাক্রাইলিক এস্টার)

অ্যাক্রাইলিক এস্টারকে পলিমারাইজ করিয়া কৃত্রিম পশমশিল্পে বহুলব্যবহৃত 'পলিঅ্যাক্রাইলেট' তন্তু প্রস্তুত করা হয়।

4.12 অ্যাসিটিলিনের ব্যবহার

(1) অ্যাসিটিলিনকে অনেক সময়ে আলোকদায়ী গ্যাস হিসাবে এবং ব্যাপকভাবে ধাতুখণ্ড ও ধাতব পাত জুড়িবার কাজে 'অক্সি-অ্যাসিটিলিন টর্চ' ব্যবহার করা হয়।

(2) অ্যাসিটিলিনের সহিত জলের সংযুক্তিতে উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড জারিত করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপাদনে, বিজারিত করিয়া ইথাইল অ্যাল-কোহল উৎপাদনে অথবা ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

(3) অ্যাসিটিলিন টেট্রাক্লোরাইড (ওয়েস্ট্রন), ট্রাইক্লোরোইথেন (ওয়েস্ট্রো-সল), অ্যাসিটিলিন ডাই ক্লোরাইড ইত্যাদি শিল্পে ব্যবহৃত দ্রাবককে অ্যাসিটিলিন হইতে প্রস্তুত করা হয়।

(4) অ্যাসিটিলিনকে ডাইমারাইজ করিয়া ভিনাইল অ্যাসিটিলিনে পরিণত করিবার পর নিয়োপ্রিন রবার উৎপাদনে এবং পলিভিনাইল ক্লোরাইড, পলি-ভিনাইল অ্যাসিটেট, পলিঅ্যাক্রাইলেট, বহুবিধ প্লাস্টিক ও সংশ্লেষিত তন্তু প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

(5) কতগুলি অসমচক্র জৈব যৌগ এবং যুদ্ধে ব্যবহৃত বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুতিতেও অ্যাসিটিলিন ব্যবহৃত হয়।

4.13 ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিনে কার্বন ও হাইড্রোজেনের অস্তিত্বের প্রমাণ

ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিনকে ক্লোরিনের সাহায্যে দহন করিলে কালো চূর্ণাকৃতি কঠিন পদার্থ পৃথক হয়। ঐ কালো চূর্ণকে বায়ুতে দহন করিয়া দহনজাত গ্যাসকে চুনের জলের সংস্পর্শে আনিলে, চুনের জল ঘোলা হইয়া যায়। অতএব ঐ গ্যাস

কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কালো চূর্ণাকৃতি পদার্থ কার্বন ব্যতীত আর কিছুই নহে। নিঃসন্দেহে ঐ কার্বন পরীক্ষাধীন ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিনের মধ্যে ছিল।

আবার ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিনকে অক্সিজেন বা বায়ুতে দহন করিবার পর দহনজাত গ্যাস মিশ্রণকে শীতল করিলে, বিন্দু বিন্দু স্বচ্ছ বর্ণহীন তরল উৎপন্ন হয় যাহা অনার্দ্র কপারসালফেটকে নীল করে। অতএব ঐ তরল জল ব্যতীত অপর কিছুই নহে এবং ঐ জলের হাইড্রোজেন নিঃসন্দেহে পরীক্ষাধীন হাইড্রোকার্বনের (ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিনের) মধ্যে ছিল।

4.14 ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের অসম্পৃক্ততার প্রমাণ

এই দুইটি গ্যাস পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু ক্ষারীয় দ্রবণের বেগুণী রঙ অথবা কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত ব্রোমিনের লাল রঙ দূরীভূত করে। অতএব উহারা অসম্পৃক্ত। এই বিক্রিয়াগুলি সম্পর্কে পূর্বেই বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।

4.15 মিশ্রণ হইতে মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন পৃথকীকরণ

মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণ হইতে গ্যাসগুলিকে পৃথক করিতে হইলে প্রথমে গ্যাসমিশ্রণকে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। অ্যাসিটিলিন এই দ্রবণে শোষিত হইয়া কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে ;

$$2CuCl + CH\equiv CH + 2NH_4OH \rightarrow CuC\equiv CCu + 2NH_4Cl + 2H_2O$$

অশোধিত গ্যাস মিশ্রণকে অতঃপর ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালিত করিলে ইথিলিন শোষিত হইয়া ইথাইল হাইড্রোজেন-সালফেটে পরিণত হয় এবং মিথেন অবশিষ্ট থাকে ;

$$CH_2=CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5.HSO_4$$

পরিশেষে স্বতন্ত্রভাবে কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইডকে গাঢ় হাইড্রোক্লেরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিলিন এবং ইথাইল হাইড্রোজেন-সালফেটকে 165°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন মুক্ত হয় ;

$$CuC\equiv CCu + 2HCl \longrightarrow CH\equiv CH + 2CuCl$$

$$C_2H_5.H.SO_4 \xrightarrow{165^\circ} CH_2=CH_2 + H_2SO_4$$

মিথেন হইতে ইথিলিন দূরীভূত করার বিকল্প পদ্ধতিতে ঐ দুই গ্যাসের মিশ্রণকে (CCl_4-তে দ্রবীভূত) ব্রোমিন দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। ইথিলিন শোষিত হইয়া ইথিলিন ব্রোমাইডে পরিণত হয়, যাহাকে পরিশেষে জিঙ্কচূর্ণের সহিত পাতিত করিলে ইথিলিন মুক্ত হয়। $C_2H_4 + Br_2 \rightarrow C_2H_4Br_2$

$$C_2H_4Br_2 \xrightarrow[\Delta]{Zn} C_2H_4 + ZnBr_2$$

4.16 মিথেন ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের তুলনা

ধর্ম	মিথেন CH_4	ইথিলিন C_2H_4	অ্যাসিটিলিন C_2H_2
(1) ভৌতধর্ম	বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস/জলে প্রায় অদ্রাব্য, অ্যালকোহলে সামান্য দ্রাব্য। বায়ু অপেক্ষা হালকা (বাষ্পীয় ঘনত্ব 8)।	বর্ণহীন, মিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাস। জলে সামান্য, অ্যালকোহলে কিছু বেশি দ্রাব্য। প্রায় বায়ুর সমান ভারী (বাষ্পীয় ঘনত্ব 14)।	বর্ণহীন মিষ্টগন্ধযুক্ত গ্যাস। জলে মোটামুটি দ্রাব্য (1 : 1), অ্যালকোহলে আরো বেশি দ্রাব্য। বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্কা (বাষ্পীয় ঘনত্ব 13)।
(2) দহন-বৈশিষ্ট্য	দীপ্তিহীন শিখায় জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।	প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।	ধোঁয়া যুক্ত প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের সহিত কিছু কার্বনকণা উৎপন্ন করে।
(3) রাসায়নিক প্রকৃতি	সম্পৃক্ত যৌগ, রাসায়নিক সক্রিয়তা খুব কম। কেবলমাত্র প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটায়।	দ্বিবন্ধযুক্ত অসম্পৃক্ত যৌগ। রাসায়নিকভাবে খুব সক্রিয়। যুতযৌগ গঠন করে।	ত্রিবন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত যৌগ। রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত সক্রিয়। সহজেই যুতযৌগ গঠন করে।
(4) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	কোন বিক্রিয়া হয় না।	অনুঘটকের উপস্থিতিতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।	অনুঘটকের উপস্থিতিতে চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।
(5) ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া	প্রখর সূর্যালোকে বা অগ্নি সংযোগে বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করিয়া কার্বনকণা ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে হাইড্রোজেন পরমাণু চারিটিকে একে একে প্রতিস্থাপিত করিয়া যথাক্রমে মিথাইল ক্লোরাইড, মিথিলিন ক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে।	অগ্নিসংযোগে বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করিয়া কার্বণকণা ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। যুতবিক্রিয়ার দুই পরমাণু ক্লোরিনের সহিত মিলিত হইয়া ইথিলিন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। পরে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া (বিক্ষিপ্ত আলোক থাকিলে) হেক্সাক্লোরো ইথেন গঠন করিতে পারে।	স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করিয়া কার্বন কণা ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। যুতবিক্রিয়ায় চার পরমাণু ক্লোরিনের সহিত মিলিত হইয়া অ্যাসিটিলিন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে, যাহার হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি (বিক্ষিপ্ত আলোক থাকিলে) ধীরে ধীরে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া পরিশেষে হেক্সাক্লোরো ইথেন গঠন করিতে পারে।
(6) CCl_4-তে দ্রবীভূত	কোন পরিবর্তন হয় না।	দ্রবণের লাল রঙ অন্তর্হিত হয়। ইথিলিন,	দ্রবণের লাল রঙ অন্তর্হিত হয়। অ্যাসিটিলিন টেট্রা-

ধর্ম	মিথেন CH_4	ইথিলিন C_2H_4	অ্যাসিটিলিন C_2H_2
ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়া		ইথিলিন ব্রোমাইড বা ডাইব্রোমো ইথেনে পরিণত হয়।	ব্রোমাইড বা টেট্রাব্রোমো ইথেন উৎপন্ন হয়।
(7) হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সহিত বিক্রিয়া	কোন বিক্রিয়া হয় না।	একটি অ্যাসিড অণুযুক্ত হইয়া ইথাইল হ্যালাইড উৎপন্ন করে।	দুইটি অ্যাসিড অণুযুক্ত হইয়া ইথিলিডিন হ্যালাইড উৎপন্ন করে।
(8) $KMnO_4$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	কোন পরিবর্তন হয় না।	দ্রবণের বেগুনিবর্ণ অন্তর্হিত হয়। ইথিলিন গ্লাইকল উৎপন্ন হয়।	দ্রবণের বেগুনীবর্ণ অন্তর্হিত হয়। গ্লাই-অক্সাল উৎপন্ন হয়।
(9) ওজোনের সহিত বিক্রিয়া	ওজোনাইড গঠিত হয় না। ফর্ম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।	ওজোনাইড গঠিত হয়।	ওজোনাইড গঠিত হয়।
(10) ধূমায়মান H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়া হয় না।	শোষিত হইয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট $C_2H_5-HSO_4$ উৎপন্ন করে।	শোষিত হইয়া ইথিলিডিন সালফেট $CH_3-CH(HSO_4)_2$ উৎপন্ন করে।
(11) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড-এর সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়া হয় না।	বিক্রিয়া হয় না।	কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইডের লালবর্ণ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।
(12) অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়া হয় না।	বিক্রিয়া হয় না।	সিলভার অ্যাসিটিলাইডের সাদারঙের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

জৈব যৌগের রূপান্তর

জৈবযৌগের রূপান্তরে মারকনিকফ নিয়ম এবং পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে উহার বিপরীত নিয়ম খুবই গুরুত্বপূর্ণ। প্রোপিলিন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় সাধারণ অবস্থায় আইসোপ্রোপাইল ব্রোমাইডে কিন্তু পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইডে পরিণত হয়।

$CH_2=CHCH_3+HBr \longrightarrow CH_3.CHBr.CH_3$ (আইসো-প্রোপাইল ব্রোমাইড)

$CH_2=CHCH_3+HBr \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} CH_2Br.CH_2.CH_3$ (নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইড)

নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইড অথবা আইসোপ্রোপাইল ব্রোমাইডকে লঘু ক্ষারীয়

দ্রবণের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে উহারা সংশ্লিষ্ট অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। আবার আমরা ইহাও জানিয়াছি যে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিরুদিত হইলে অ্যালকোহল অ্যালকিনে পরিণত হয়। সেজন্য আমরা নিম্নলিখিত ছক অনুযায়ী আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলকে নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহলে এবং নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহলকে আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলে রূপান্তরিত করিতে পারি।

A. $$CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow[\text{নিরুদন}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow[\text{পারঅক্সাইড}]{HBr} CH_3CH_2CH_2Br$$

আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল — প্রোপিলিন — নর্ম্যালপ্রোপাইল ব্রোমাইড

$$\xrightarrow[\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}]{\text{লঘু } NaOH} CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH$$

নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল

B. $$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[\text{নিরুদন}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3CHBrCH_3$$

নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল — প্রোপিলিন — আইসোপ্রোপাইল ব্রোমাইড

$$\xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{\text{লঘু } NaOH} CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}CH_3$$

আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল

ইথিলিন ব্রোমাইড হইতে ইথিলিডিন ব্রোমাইড এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $$CH_2Br{-}CH_2Br \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} CH{\equiv}CH \xrightarrow{HBr} CH_3CHBr_2$$

ইথিলিন ব্রোমাইড — অ্যাসিটিলিন — ইথিলিডিন ব্রোমাইড

B. $$CH_3CHBr_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} CH{\equiv}CH \xrightarrow[Pd, 270°C]{H_2}$$

ইথিলিডিন ব্রোমাইড — অ্যাসিটিলিন

$$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{Br_2} CH_2Br.CH_2Br$$

ইথিলিন — ইথিলিন ব্রোমাইড

ইথিলিন হইতে প্রোপিলিন এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3CH_2Br \xrightarrow{NaCN} CH_3CH_2CN$$

ইথিলিন — ইথাইল ব্রোমাইড — ইথাইল সায়ানাইড

$$\xrightarrow[Na+C_2H_5OH]{[H]} CH_3CH_2CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} CH_3CH_2CH_2OH$$

নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যামিন — নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল

$$\xrightarrow[\Delta]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2$$

প্রোপিলিন

B. $$CH_3CH=CH_2 \xrightarrow[\text{পারঅক্সাইড}]{HBr} CH_3CH_2CH_2Br \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH}$$
প্রোপিলিন — নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইড

$$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[K_2Cr_2O_7+H_2SO_4\text{ (গাঢ়) দীর্ঘকাল}]{[O]}$$
নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল

$$CH_3CH_2COOH \xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3CH_2COONa$$
প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড — সোডিয়াম প্রোপিয়োনেট

$$\xrightarrow[\Delta]{\text{সোডালাইম}} CH_3\text{-}CH_3 \xrightarrow[\text{তাপবিভাজন}]{800°C} CH_2=CH_2$$
ইথেন — ইথিলিন

অ্যাসিটিলিন হইতে ইথিলিন এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $$CH\equiv CH \xrightarrow[270°C\ Pd]{H_2} CH_2=CH_2$$
অ্যাসিটিলিন — ইথিলিন

B. $$CH_2=CH_2 \xrightarrow{Br_2} CH_2Br.CH_2Br \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} CH\equiv CH$$
ইথিলিন — ইথাইল ব্রোমাইড — অ্যাসিটিলিন

অ্যাসিটিলিন হইতে ইথেন এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $$CH=CH \xrightarrow[Ni,\ \Delta]{H_2} CH_3\text{-}CH_3$$
অ্যাসিটিলিন — ইথেন

B. $$CH_3\ \ CH_3 \xrightarrow{Cl_2} CH_3\ CH_2Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH}$$
ইথেন — ইথাইল ক্লোরাইড

$$CH_2=CH_2 \xrightarrow{Br_2} CH_2Br\ CH_2Br \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} CH\equiv CH$$
ইথিলিন — ইথিলিন ব্রোমাইড — অ্যাসিটিলিন

অ্যাসিটিলিন হইতে মিথাইল অ্যাসিটিলিন এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $$CH\equiv CH \xrightarrow{NaNH_2} HC\equiv CNa \xrightarrow{CH_3I} HC\equiv C\text{—}CH_3$$
অ্যাসিটিলিন — সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড — মিথাইল অ্যাসিটিলিন

B. $$CH_3C\equiv CH \xrightarrow[\Delta]{KMnO_4+KOH} CH_3COOH \xrightarrow[\text{KOH লঘু}]{} CH_3COOK$$
মিথাইল অ্যাসিটিলিন — অ্যাসিটিক অ্যাসিড — পটাসিয়াম অ্যাসিটেট

$$\xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3-CH_3} \xrightarrow[\text{তাপবিভাজন}]{800°C} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2=CH_2} \xrightarrow{Br_2} \underset{\text{ইথিলিন ব্রোমাইড}}{CH_2BrCH_2Br}$$

$$\xrightarrow[\triangle]{\text{অ্যালকোহলীয় KOH}} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{CH\equiv CH}$$

মিথেন হইতে ইথিলিন ও বিপরীত রূপান্তর ঃ

A. $$\underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow{Na} \underset{\text{ইথেন}}{C_2H_6} \xrightarrow[\triangle]{800°C} \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4}$$

B. $$\underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} \xrightarrow{HBr} \underset{\text{ইথাইল ব্রোমাইড}}{C_2H_5Br} \xrightarrow{\text{লঘু NaOH}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} \xrightarrow[\text{জারণ}]{[O]}$$

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \xrightarrow{Na_2CO_3} \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} \xrightarrow[\triangle]{\text{সোডালাইম}} CH_4$$

মিথেন হইতে অ্যাসিটিলিন ও বিপরীত রূপান্তর ঃ

A. $$\underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow[\text{তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ}]{1400°C} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{C_2H_2} \text{ অথবা } \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow{Na}$$

$$\underset{\text{ইথেন}}{C_2H_6} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{C_2H_5Cl} \xrightarrow[\triangle]{\text{অ্যালকোহলীয় KOH}} \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} \xrightarrow{Br_2} \underset{\text{ইথিলিন ব্রোমাইড}}{C_2H_4Br_2}$$

$$\xrightarrow[\triangle]{\text{অ্যালকোহলীয় KOH}} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{C_2H_2}$$

B. $$\underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{C_2H_2} \xrightarrow[H_2O]{[H_2SO_4/HgSO_4]} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow{Ag_2O} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

$$\xrightarrow{Na_2CO_3} \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} \xrightarrow[\triangle]{\text{সোডালাইম}} \underset{\text{মিথেন}}{CH_4}$$

ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথিলিন ও বিপরীত রূপান্তর ঃ

A. $$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} \xrightarrow[170°C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4}$$

B. $$\underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} \xrightarrow{HBr} \underset{\text{ইথাইল ব্রোমাইড}}{C_2H_5Br} \xrightarrow[\triangle]{\text{লঘু NaOH}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH}$$

বিঃ দ্রঃ উপরি-উক্ত রূপান্তরগুলি অন্য উপায়েও সংঘটিত করা যায়। ঐ সকল উপায় সম্পর্কে পরবর্তী অধ্যায়গুলিতে আলোচনা করা হইয়াছে।

সার-সংক্ষেপ

অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক যৌগ

অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক যৌগগুলিকে দুইটি সমগণীয় সারিতে ভাগ করা যায়ঃ (1) দ্বিবন্ধনযুক্ত ওলেফিন্স বা অ্যালকিন (সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n}) এবং (2) ত্রিবন্ধনযুক্ত অ্যাসিটিলিন্স বা অ্যালকাইন (সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n-2})। অ্যালকিন সারির প্রথম সদস্য ইথিলিন $CH_2=CH_2$ এবং অ্যালকাইন সারির প্রথম সদস্য অ্যাসিটিলিন $CH\equiv CH$।

ইথিলিন (C_2H_4)

প্রস্তুতি ঃ (পরীক্ষাগারে) $C_2H_5OH + H_2SO_4$ (গাঢ়) $\longrightarrow C_2H_5 . HSO_4$ (ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট) $+ H_2O$

$$C_2H_5HSO_4 \xrightarrow{165°C} C_2H_4 + H_2SO_4$$

অন্যান্য প্রণালী (1) $C_2H_5Br + KOH$ (উষ্ণ, গাঢ় অ্যালকোহলীয় দ্রবণ) $\rightarrow C_2H_4 + H_2O + KBr$

(2) $$C_2H_5OH \xrightarrow[400°C]{Al_2O_3} C_2H_4 + H_2O$$

(3) $$CH\equiv CH + H_2 \xrightarrow[270°C]{Pd} CH_2=CH_2$$

(4) $$CH_2Br{-}CH_2Br + Zn \xrightarrow{\Delta} CH_2=CH_2 + ZnBr_2$$

(5) $$C_2H_6 \xrightarrow[800°C]{\text{তাপবিভাজন}} C_2H_4 + H_2$$

(6) $\begin{array}{l} CH_2{-}COOK \\ | \\ CH_2{-}COOK \end{array}$ এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে C_2H_4 উৎপন্ন হয় (কোল্ব সংশ্লেষণ)

অ্যানোডে বিক্রিয়া $$\begin{bmatrix} CH_2COO \\ | \\ CH_2COO \end{bmatrix}^{=} \xrightarrow{-2e} \begin{bmatrix} CH_2COO \\ | \\ CH_2COO \end{bmatrix} \rightarrow \begin{array}{c} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{array} + CO_2$$

ধর্ম ঃ বর্ণহীন মৃদুমিষ্টগন্ধযুক্ত গ্যাস ; জলে সামান্য কিন্তু অ্যালকোহলে বেশি দ্রাব্য।

(1) $C_2H_4 + 3O_2$ (অতিরিক্ত) $\rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$

(2) $C_2H_4 + O_2$ (সীমিত) $\rightarrow 2C + 2H_2O$

$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow[300^{\circ}C]{Ni} CH_3{-}CH_3$ (ইথেন)

(4) $CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl - CH_2Cl$ (যুত বিক্রিয়া)

বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে বহুক্ষণ Cl_2-এর সংস্পর্শে থাকিলে ধাপে ধাপে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটিয়া পরিশেষে C_2Cl_6 পাওয়া যায়।

(5) $CH_2{=}CH_2 + Br_2$(CCl_4-এ দ্রবণ) $\rightarrow CH_2Br\text{-}CH_2Br$

(সনাক্তকরণ পরীক্ষা)

(6) $S_2Cl_2 + 2CH_2{=}CH_2 \rightarrow S + S\!\begin{array}{l}\diagup CH_2{-}CH_2Cl\\ \diagdown CH_2{-}CH_2Cl\end{array}$ (মাস্টার্ড গ্যাস)

(7) $CH_2{=}CH_2 + HOCl \rightarrow CH_2(OH){-}CH_2Cl$ (ইথিলিন ক্লোরো-হাইড্রিন)

(8) $CH_2{=}CH_2 + H_2SO_4$ (গাঢ়) $\rightarrow C_2H_5HSO_4$

(9) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[\text{লঘু } KMnO_4 \text{ দ্রবণ}]{[O]+H_2O} \underset{\text{ইথিলিন গ্লাইকল}}{CH_2(OH){-}CH_2(OH)}$

দ্রবণ বর্ণহীন হয়। (সনাক্তকরণ পরীক্ষা)

(10) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[H_2O_2]{\text{গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড}} \underset{\text{ইথিলিন গ্লাইকল}}{CH_2(OH){-}CH_2(OH)}$

(11) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{O_3} \underset{\text{ইথিলিন ওজোনাইড}}{\underset{|\text{—O—O—}|}{CH_2{-}O{-}CH_2}} \xrightarrow{Zn \text{ চূর্ণ} + H_2O} \underset{\text{ফর্ম্যালডিহাইড}}{2CH_2O} + H_2O_2$

(12) $C_2H_4 \xrightarrow[O_2 \text{ অনুঘটক } (0.01\%)]{200^{\circ}C,\ 2000 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}} \underset{\text{পলিইথিলিন}}{(C_2H_4)_n}$

ব্যবহার : পলিথিন প্লাস্টিক, ইথাইল অ্যালকোহল, ইথিলিন ক্লোরাইড, ইথিলিন ব্রোমাইড, ইথিলিন গ্লাইকল, বিষাক্ত মাস্টার্ড গ্যাস ইত্যাদি উৎপাদনে; চেতনানাশক হিসাবে এবং ফল পাকাইতে ইথিলিন ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)

প্রস্তুতি : (পরীক্ষাগারে) $CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$।

অন্যান্য প্রণালী : (1) $2C + H_2 \underset{\text{তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ}}{\rightleftharpoons} C_2H_2$

(2) $CH_2Br-CH_2Br+2KOH$ (অ্যালকোহলীয় দ্রবণ) $\rightarrow$
$$C_2H_2+2KBr+2H_2O$$

(3) $CHBr_2-CHBr_2+2Zn\xrightarrow{\Delta}2ZnBr_2+CH\equiv CH$

(4) $2CH_4 \underset{1400°C}{\overset{\text{তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ}}{\rightleftharpoons}} C_2H_2+3H_2$

ধর্ম : বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন বর্ণহীন মিষ্টগন্ধযুক্ত গ্যাস। কিন্তু অশুদ্ধির উপস্থিতির জন্য সাধারণত দুর্গন্ধযুক্ত মনে হয়। জলে স্বল্পমাত্রায় দ্রাব্য (1:1) কিন্তু অ্যাসিটোনে দ্রাব্যতা খুব বেশি।

বায়ুতে দহন : $2C_2H_2+O_2\rightarrow 4C+2H_2O$; $2C_2H_2+5O_2 \rightarrow 4CO_2+2H_2O$

অ্যাসিড ধর্ম : $2CH\equiv CH+2Na\rightarrow 2CH\equiv CNa+H_2$

$2CH\equiv CNa+2Na\rightarrow 2NaC\equiv CNa+H_2$

$2CuCl+2NH_3+CH\equiv CH\rightarrow CuC\equiv CCu\downarrow+2NH_4Cl$

$2AgNO_3+2NH_3+CH\equiv CH\rightarrow AgC\equiv CAg\downarrow+2NH_4NO_3$

$3CH\equiv CH\xrightarrow{600°C}C_6H_6$; $2CH\equiv CH\xrightarrow[NH_4Cl]{CuCl}CH_2=CH-C\equiv CH$

$CH\equiv CH+H_2\xrightarrow[270°C]{Pd}CH_2=CH_2$; $CH\equiv CH+2H_2\xrightarrow{Pt}CH_3-CH_3$

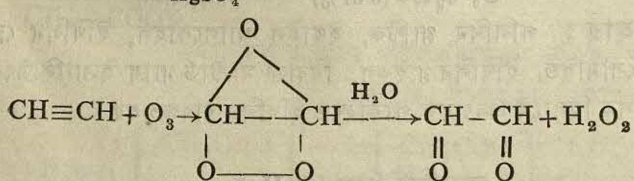
$C_2H_2+2Br_2\rightarrow CHBr_2-CHBr_2$; $C_2H_2+Cl_2\rightarrow 2C+2HCl$

$CH\equiv CH+2Cl_2\xrightarrow{\text{কিজেলগুর}}CHCl_2-CHCl_2$

$CH\equiv CH+HI\rightarrow CH_2=CHI$; $CH_2=CHI+HI\rightarrow CH_3-CHI_2$

$CH\equiv CH+HCl\xrightarrow{HgCl_2}CH_2=CHCl$

$CH\equiv CH+H_2O\xrightarrow[HgSO_4]{H_2SO_4}CH_3CHO$



$$CH\equiv CH\xrightarrow[KMnO_4\text{ (লঘু)}]{[O]+H_2O}\underset{\|}{\overset{}{CH}}\!-\!CH \quad (\text{O}=CH-CH=\text{O})$$

$$CH\equiv CH + CO + H_2O \xrightarrow{Ni(CO)_4} CH_2 = CHCOOH$$

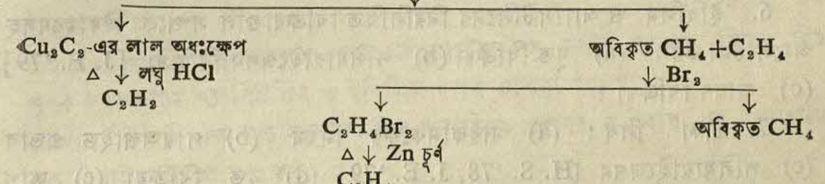
$$CH\equiv CH + CO + C_2H_5OH \xrightarrow{Ni(CO)_4} CH_2 = CHCOOC_2H_5$$

$$CH\equiv CH + CH_3COOH \xrightarrow{Hg} CH_2 = CH - OCOCH_3$$

$$CH\equiv CH + ROH \xrightarrow[160°,\ \text{চাপ}]{KOH} CH_2 = CHOR$$

ব্যবহার : আলোকদায়ী গ্যাস হিসাবে; অক্সিঅ্যাসিটিলিন টর্চে; অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথাইল অ্যালকোহল, ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপাদনে; ওয়েস্টন, ওয়েস্ট্রোসল ইত্যাদি দ্রাবক প্রস্তুতিতে; পলিভিনাইল ক্লোরাইড, নিওপ্রিন রবার, পলিঅ্যাক্রাইলেট ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন মিশ্রণ পৃথকীকরণ :



অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. দ্বিবন্ধনযুক্ত ও ত্রিবন্ধনযুক্ত হাইড্রোকার্বনগুলিকে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বলে কেন? অ্যালকিন সমগণীয় শ্রেণীর সাধারণ সঙ্কেত কি? অ্যালকোহল, অ্যালকেন ও অ্যালকাইন শ্রেণীর যৌগ হইতে ইহাদের কিরূপে প্রস্তুত করিবে উদাহরণসহ লিখ। এই শ্রেণীর যৌগের চারিটি রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর।

2. পরীক্ষাগারে কিরূপে ইথিলিন প্রস্তুত করা হয়? সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ: (a) ইথিলিনের সহিত ওজোন মিশ্রিত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে জল ও জিঙ্কচূর্ণসহ উত্তপ্ত করা হইল। (b) ব্রোমিন জলের সহিত ইথিলিনের ক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থকে কস্টিক পটাস দ্রবণসহ উত্তপ্ত করা হইল (J.E. '80) (c) ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া ইথিলিন গ্যাস চালনা করা হইল।

কার্বনিলেশন বিক্রিয়া কিরূপে ঘটে? (j) ইথিলিনকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনা অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে কি হয়? (k) ইথিলিন ব্রোমাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণকে জিঙ্কধূলির সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে? (l) পটাসিয়াম সাক্সিনেটের গাঢ় জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে কি ঘটে? (m) দ্বিবন্ধনযুক্ত অ্যালিফেটিক যৌগগুলিকে 'ওলেফিন' বলে কেন? (n) অ্যালকিন ওজোনাইড-গুলিকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিবার সময় জলের সহিত জিঙ্কধূলি মিশ্রিত করা হয় কেন? (o) ইথিলিনের সহিত ব্রোমিনের যুত বিক্রিয়া কিরূপ কৌশলে (mechanism) সংঘটিত হয়? (p) পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকিনের সহিত হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিডের যুত বিক্রিয়ার কৌশল কি? (q) ইথিলিন ব্রোমাইডকে অ্যালকোহলীয় কস্টিকপটাস দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে? (r) অ্যাসিটিলিন ওজোনাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে কি উৎপন্ন হয়? (s) কিরূপে প্রমাণ করিবে ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনে কার্বন ও হাইড্রোজেন আছে? (t) কিরূপে প্রমাণ করিবে ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনে অসম্পৃক্ততা বর্তমান? (u) ইথিলিন গ্যাসকে শুষ্ক করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না কেন? (v) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের মধ্যে কিরূপে পার্থক্য নির্ণয় করিবে?

(4) A, B, C ইত্যাদি অক্ষরে সূচিত স্থানে উপযুক্ত জৈব যৌগের নাম ও সংকেত বসাও।

(i) $CH_2=CH_2 \xrightarrow{O_3} [A] \xrightarrow{H_2O/Zn} [B]$

(ii) $CH\equiv CH \xrightarrow{O_3} [A] \xrightarrow{H_2O/Zn} [B]$

(iii) $[A] \xrightarrow[H_2O]{HgSO_4,\ H_2SO_4} [B] \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$

(iv) $CH_2Br-CH_2Br \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যাকোহলীয় KOH}} [A] \xrightarrow{HBr} [B]$

(v) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[\Delta]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} [A] \xrightarrow{HBr} [B] \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু NaOH}} [C]$

(vi) $[A] \xrightarrow{NaNH_2} [B] \xrightarrow{CH_3I} [C] \xrightarrow[Pt]{H_2} CH_3CH_2CH_3$

৫

হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগসমূহ
(HALOGEN DERIVATIVES)

5.1 সূচনা

প্যারাফিন বা অ্যালকেন অণু হইতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সমসংখ্যক হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ শ্রেণী উৎপন্ন করে তাহাদিগকে প্যারাফিনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগ বলা হয়। অনুরূপভাবে অ্যালকিন বা ওলেফিন অণু হইতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সম-সংখ্যক হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগশ্রেণী উৎপন্ন করে তাহাদিগকে ওলেফিনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগ বলে।

5.2 প্যারাফিনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগসমূহ

অ্যালকেনের একটি হাইড্রোজেন হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে সকল যৌগ পাওয়া যায়, তাহারা মনোহ্যালোজেন যৌগ বা অ্যালকিল হ্যালাইড নামে পরিচিত, যেমন মিথাইল ব্রোমাইড (CH_3Br), ইথাইল ব্রোমাইড (C_2H_5Br), মিথাইল আয়োডাইড (CH_3I), ইথাইল ক্লোরাইড (C_2H_5Cl) ইত্যাদি। ইহাদের সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n+1}X$ যেখানে $X=Cl$, Br বা I।

অনুরূপভাবে অ্যালকেনের দুইটি হাইড্রোজেনকে হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে $C_nH_{2n}X_2$ সাধারণ সঙ্কেতের ডাইহ্যালোজেন যৌগ (যেমন ইথিলিন ব্রোমাইড $CH_2Br—CH_2Br$; ইথিলিডিন আয়োডাইড $CH_3—CHI_2$ ইত্যাদি) এবং তিনটি হাইড্রোজেনকে হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে $C_nH_{2n-1}X_3$ সাধারণ সঙ্কেতের ট্রাইহ্যালোজেন যৌগ (যেমন ক্লোরোফর্ম $CHCl_3$; আয়োডোফর্ম CHI_3 ইত্যাদি) পাওয়া যায়।

5.3 সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দ্বারাঃ** আলোকের প্রভাবে ক্লোরিন বা ব্রোমিন অ্যালকেনের হাইড্রোজেনকে পর্যায়ক্রমে প্রতিস্থাপিত করিয়া একে একে মনোহ্যালোজেন যৌগ, ডাইহ্যালোজেন যৌগ, ট্রাই-হ্যালোজেন যৌগ ইত্যাদি উৎপন্ন করে ;

$$CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} CHCl_3 \xrightarrow{Cl_2} CCl_4$$

তবে এইরূপ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় সচরাচর একসঙ্গে একাধিক শ্রেণীর হ্যালোজেন সঞ্জাত জাতক উৎপন্ন হয় বলিয়া এই পদ্ধতি বিশুদ্ধ যৌগ প্রস্তুতিতে কদাচিৎ ব্যবহৃত হয়।

(2) **যুত বিক্রিয়া দ্বারাঃ** হ্যালোজেন সরাসরি অ্যালকিনের বন্ধনে যুক্ত

হইয়া প্রতিসম ডাইহ্যালোজেন যৌগ এবং অ্যালকাইনের ত্রিবন্ধনে যুক্ত হইয়া প্রতিসম টেট্রাহ্যালোজেন যৌগ গঠন করিতে পারে।

$CH_2=CH_2+Cl_2 \longrightarrow CH_2Cl-CH_2Cl$ ডাইক্লোরো ইথেন বা ইথিলিন ক্লোরাইড বা ইথিলিন ডাইক্লোরাইড

$CH\equiv CH+2Cl_2 \longrightarrow CHCl_2-CHCl_2$ অ্যাসিটিলিন টেট্রাক্লোরোইড বা 1, 1, 2, 2-টেট্রাক্লোরো ইথেন

অপরপক্ষে হ্যালোজেন হাইড্রাসিড অ্যালকিনের দ্বিবন্ধনে যুক্ত হইয়া মনো-হ্যালোজেন যৌগ এবং অ্যালকাইনের ত্রিবন্ধনে যুক্ত হইয়া অপ্রতিসম ডাইহ্যালোজেন যৌগ গঠন করে ; $CH_2=CH_2+HBr \rightarrow C_2H_5.Br$ ইথাইল ব্রোমাইড

$$CH\equiv CH \xrightarrow{HI} CH_2=CHI \xrightarrow{HI} CH_3-CHI_2$$

ভিনাইল আয়োডাইড; ইথিলিডিন আয়োডাইড বা 1, 1-ডাইআয়োডো ইথেন

(3) **অ্যালকোহল হইতে :** উপযুক্ত নিরুদকের (অনার্দ্র $ZnCl_2$, গাঢ় H_2SO_4 ইত্যাদি) উপস্থিতিতে মনো, ডাই বা ট্রাই-হাইড্রিক অ্যালকোহল হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সহিত এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়ায় যথাক্রমে মনো, ডাই বা ট্রাই হ্যালোজেন যৌগ গঠন করে ;

$CH_3OH+HBr \rightarrow CH_3Br+H_2O$

$CH_2OH-CH_2OH+2HBr \rightarrow CH_2Br-CH_2Br+2H_2O$

$CH_2OH-CHOH-CH_2OH+3HCl \rightarrow CH_2Cl-CHCl-CH_2Cl+3H_2O$

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড, লাল ফসফরাস ও ব্রোমিনের মিশ্রণ অথবা লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণ অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যালকোহলের হাইড্রক্সিল মূলকগুলিকে সংশ্লিষ্ট হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে ;

$2P+3I_2 \rightarrow 2PI_3$; $3CH_3OH+3PI_3-3CH_3I+H_3PO_3$

$2P+3Br_2 \rightarrow 2PBr_3$; $3CH_2OH \rightarrow CH_2OH+6PBr_3 \rightarrow 3CH_2Br-CH_2Br+2H_3PO_4$

$CH_2OH-CHOH-CH_2OH+3PCl_5 \rightarrow CH_2Cl-CHCl-CH_2Cl+3POCl_3+3HCl$

(4) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া :** ট্রাই-হ্যালোজেন যৌগ ক্লোরোফর্ম, ব্রোমোফর্ম ও আয়ডোফর্ম প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতির নাম হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া।

যে সকল যৌগে (CH_3CO-) মূলক বর্তমান অথবা যে সকল যৌগ জারিত হইয়া ঐরূপ মূলক উৎপন্ন করিতে পারে, সেই সকল যৌগের সহিত ক্ষার এবং হ্যালোজেনের বিক্রিয়া ঘটাইলে সংশ্লিষ্ট হ্যালোফর্ম পাওয়া যায় ;

$$CH_3COR \xrightarrow{X_2+NaOH} CHX_3+RCOONa$$

যেখানে $X=Cl$, Br বা I

5.4 অ্যালকিনের হ্যালোজেন যৌগ

অধুনা অনেকগুলি অ্যালকিন বা ওলেফিনের হ্যালোজেন যৌগ শিল্পে গুরুত্বলাভ করিয়াছে। সাধারণত এগুলিকে প্রস্তুত করার জন্য নিয়ন্ত্রিত অবস্থায় অ্যালকাইনের ত্রিবন্ধনে হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের যুত বিক্রিয়া, অথবা অ্যালকেনের হ্যালোজেন যৌগ হইতে হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের অপসারণ বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয়।

(a) **অ্যালকাইনে হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সংযুক্তি :** এই পদ্ধতির উদাহরণ মারকিউরিক ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে অ্যাসিটিলিন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের যুত বিক্রিয়ায় ভিনাইল ক্লোরাইডের প্রস্তুতি ;

$$HCl + CH{\equiv}CH \xrightarrow{HgCl_2} CH_2{=}CHCl \quad \text{ভিনাইল ক্লোরাইড}$$

(b) **অ্যালকেনের হ্যালোজেন যৌগ হইতে হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের অপসারণ :** এই পদ্ধতির উদাহরণ ইথিলিনের সহিত ক্লোরিনের যুতবিক্রিয়ায় প্রস্তুত ইথিলিন ক্লোরাইড-কে অ্যালুমিনা অনুঘটকের উপস্থিতিতে 400°C তাপমাত্রায় বিয়োজিত করিয়া ভিনাইল ক্লোরাইড প্রস্তুতি ;

$$CH_2Cl-CH_2Cl \xrightarrow[400°C]{Al_2O_3} CH_2{=}CHCl + HCl$$

ভিনিলিডিন ক্লোরাইডের ($CH_2{=}CCl_2$) প্রস্তুতিতেও এই পদ্ধতি অনুসৃত হয়। ভিনাইল ক্লোরাইডের সহিত ক্লোরিনের যুত বিক্রিয়ায় 1, 2, 2-ট্রাইক্লোরোইথেন প্রস্তুত করিয়া, মিল্ক অব লাইমের সাহায্যে উহা হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অপসারণ করা হয় ;

$$CH_2{=}CHCl \xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl{-}CHCl_2 \xrightarrow[-HCl]{Ca(OH)_2} CH_2{=}CCl_2$$

মনোক্লোরোডাইফ্লুয়োরো মিথেনকে (অ্যান্টিমনি ট্রাইফ্লুয়োরাইডের উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্ম ও হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত) 700°C তাপমাত্রায় টেট্রাফ্লুয়োরোইথিলিনে পরিবর্তিত করিবার সময়েও হ্যালোজেন হাইড্রাসিড অপসৃত হয় ;

$$2CHCl_3 \xrightarrow[-2HCl]{2HF(SbF_3)} 2CHClF_2 \xrightarrow[\text{1 সেকেণ্ড}]{700°C} F_2C{=}CF_2 + 2HCl$$

এই সব যৌগগুলিকেই পলিমারাইজ করিয়া গুরুত্বপূর্ণ প্লাস্টিক জাতীয় পদার্থে পরিণত করা যায়।

5.5 হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগসমূহের সাধারণ ধর্ম

ভৌতধর্ম : অ্যালকিল হ্যালাইডদের আণবিক গুরুত্ব সংশ্লিষ্ট অ্যালকেনগুলি অপেক্ষা অধিক। সেইজন্য ইহাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের মানও সংশ্লিষ্ট অ্যালকেনগুলি অপেক্ষা বেশি। একই অ্যালকিলমূলক সংযুক্ত বিভিন্ন হ্যালাইডগুলির মধ্যে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের মানের ক্রম হইল $RF < RCl < RBr < RI$

অ্যালকেনের একাধিক হাইড্রোজেন হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে, যত বেশি সংখ্যক হাইড্রোজেন হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ততই উহাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের মান তুলনামূলকভাবে বাড়িয়া যায়।

এই যৌগগুলি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। কিন্তু জলের অণুর সহিত হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি করিতে পারে না অথবা জলে উপস্থিত হাইড্রোজেন বন্ধনগুলিকে ভাঙিতে পারে না বলিয়া ইহারা জলে দ্রাব্য নহে।

রাসায়নিক ধর্ম :

(1) **আর্দ্র বিশ্লেষণ :** ক্ষারীয় জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগগুলির হ্যালোজেন হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। কিন্তু একই কার্বনের সহিত একাধিক হ্যালোজেন যুক্ত থাকিলে উৎপন্ন দুইটি হাইড্রক্সিল মূলক এক অণু জল পরিত্যাগ করিয়া কার্বনিল মূলকে পরিণত হয় (একই কার্বনে দুইটি হাইড্রক্সিল মূলক যুক্ত থাকিয়া সাধারণত সুস্থিত যৌগ গঠন করিতে পারে না)।

$$\underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{C_2H_5Cl} + KOH \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} + KCl$$

$$\underset{\text{ইথিলিন ক্লোরাইড}}{CH_2Cl-CH_2Cl} + 2KOH \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{ইথিলিন গ্লাইকল}}{CH_2(OH)-CH_2(OH)} + 2KCl$$

$$\underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + 3KOH \rightarrow \underset{\text{অর্থোফর্মিক অ্যাসিড}}{CH(OH)_3} + 3KCl$$

$$CH(OH)_3 \longrightarrow \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH} + H_2O\ ;$$

$$HCOOH + KOH \rightarrow \underset{\text{পটাসিয়াম ফর্মেট}}{HCOOK} + H_2O$$

(2) **হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারণ :** গাঢ় অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে হ্যালোজেন β কার্বন পরমাণুর হাইড্রোজেনের সহিত একত্রিত হইয়া অপসারিত হয় ;

$$\overset{\beta}{C}H_3\,\overset{\alpha}{C}H_2X + KOH \rightarrow CH_2{=}CH_2 + KX + H_2O$$

$$CH_2X-CH_2X + 2KOH \rightarrow CH{\equiv}CH + 2KX + 2H_2O$$

(3) **ভুর্ৎস (Wurz) বিক্রিয়া :** অ্যালকেন প্রস্তুতি প্রসঙ্গে অ্যালকিল হ্যালাইডের এই বিক্রিয়া পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে।

$$\underset{\text{মিথাইল ব্রোমাইড}}{2CH_3Br} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{ইথেন}}{C_2H_6} + 2NaBr$$

(4) **হ্যালোজেন অপসারণ :** ডাইহ্যালো-অ্যালকেন জিঙ্কচূর্ণসহ পাতিত করিলে হ্যালোজেন অপসারিত হইয়া অ্যালকিন উৎপন্ন হয় :

$$CH_2Cl\text{-}CH_2Cl + Zn \rightarrow CH_2{=}CH_2 + ZnCl_2$$

ইথিলিন ক্লোরাইড ইথিলিন

হ্যালোফর্মকে সিলভার চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

$$2CHX_3 + 6Ag \xrightarrow{\Delta} 6AgX + CH{\equiv}CH$$

(5) **অ্যালকিল হ্যালাইড ও ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়া:** শুষ্ক ইথারে দ্রবীভূত অ্যালকিল হ্যালাইডে ম্যাগনেসিয়াম কুচি যোগ করিয়া রাখিয়া দিলে উহা ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া RMgX সঙ্কেতের জৈব ধাতব যৌগ উৎপন্ন করে যাহা গ্রিগনার্ড বিকারক নামে প্রসিদ্ধ। (ইথারে জল উপস্থিত থাকিলে উহা গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত বিক্রিয়ায় উহাকে হাইড্রোকার্বনে পরিণত করে। তাই ইথার সম্পূর্ণ শুষ্ক হওয়া প্রয়োজন।)

$$CH_3Br + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} CH_3MgBr$$

মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড

$$CH_3CH_2I + Mg \longrightarrow CH_3CH_2MgI$$

ইথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড

গ্রিগনার্ড যৌগে C-Mg সমযোজী বন্ধন থাকে। সেইজন্য ইহাকে জৈব ধাতব যৌগ (organometalic compound) বলে। অবশ্য এই বন্ধন খুব ধ্রুবীয়। অ্যালকোহল সম্পর্কিত পরিচ্ছেদে গ্রিগনার্ড বিকারকের ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা করা হইবে।

(6) **ইথার প্রস্তুতি:** অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে সোডিয়াম অ্যালকোহলেটের বিক্রিয়ায় ইথার উৎপন্ন হয়;

$$C_2H_5Br + C_2H_5ONa \longrightarrow C_2H_5OC_2H_5 + NaBr$$

ইথাইল ব্রোমাইড সোডিয়াম ইথাইলেট ডাই-ইথাইল ইথার

(7) **নাইট্রাইল প্রস্তুতি:** অ্যালকিল হ্যালাইডের সহিত পটাসিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় একটি বেশি কার্বন পরমাণুযুক্ত নাইট্রাইল গঠিত হয়:

$$C_2H_5Br + KCN \longrightarrow C_2H_5CN + KBr$$

প্রোপিয়োনাইট্রাইল

উৎপন্ন নাইট্রাইলকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে প্রারম্ভিক অ্যালকিল হ্যালাইডে উপস্থিত কার্বনসংখ্যা অপেক্ষা একটি বেশি কার্বন আছে এমন কার্বক্সিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, অথবা উক্ত নাইট্রাইলকে বিজারিত করিলে একটি বেশি কার্বন আছে এমন অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5CN \xrightarrow{H_2O} C_2H_5COOH \; ; \; C_2H_5CN \xrightarrow{[H]} C_2H_5CH_2NH_2$$

(8) **অ্যালকিল আয়োডাইড প্রস্তুতি:** অ্যালকিল ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডের সহিত পটাসিয়াম আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়; $CH_3Cl + KI = KCl + CH_3I$ (মিথাইল আয়োডাইড)

(9) **অ্যামিন প্রস্তুতি :** অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড বিভিন্ন অ্যামিন উৎপন্ন করে।

$RX + NH_3 \rightarrow HX + RNH_2$ (প্রাইমারি অ্যামিন)

$RNH_2 + RX \rightarrow HX + R_2NH$ (সেকেণ্ডারি অ্যামিন)

$R_2NH + RX \rightarrow HX + R_3N$ (টারসিয়ারি অ্যামিন)

$R_3N + RX \rightarrow R_4NX$ (টেট্রা অ্যাল্‌কিল অ্যামোনিয়াম হ্যালাইড)

ক্লোরোফর্ম বা ট্রাইক্লোরো মিথেন, $CHCl_3$

1831 খ্রীস্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী লীবিক (Liebig) ক্লোরোফর্ম আবিষ্কার করেন। অস্ত্রোপচারের সময় চেতনানাশক হিসাবে ইহাকে সর্বপ্রথম ব্যবহার করেন ডাঃ সিম্পসন।

5.6 প্রস্তুত প্রণালী

(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহল অথবা অ্যাসিটোনের সহিত ব্লিচিং পাউডার পাতিত করিয়া ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়।

বিক্রিয়া : অ্যালকোহলের সহিত ব্লিচিং পাউডারের বিক্রিয়া তিনটি ধাপে সম্পন্ন হয় (a) জারণ, (b) হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন এবং (c) আর্দ্র বিশ্লেষণ।

(a) জারণ : $CH_3CH_2OH + Cl_2 \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + 2HCl$

(b) প্রতিস্থাপন : $CH_3CHO + 3Cl_2 \rightarrow \underset{\text{ক্লোরাল}}{CCl_3CHO} + 3HCl$

(c) আর্দ্রবিশ্লেষণ : $CCl_3CHO + H_2O \rightarrow CHCl_3 + \underset{\text{ফর্মিক অ্যাসিড}}{HCOOH}$

$Ca(OH)_2 + 2HCOOH \rightarrow 2H_2O + (HCOO)_2Ca$ (ক্যালসিয়াম ফর্মেট)

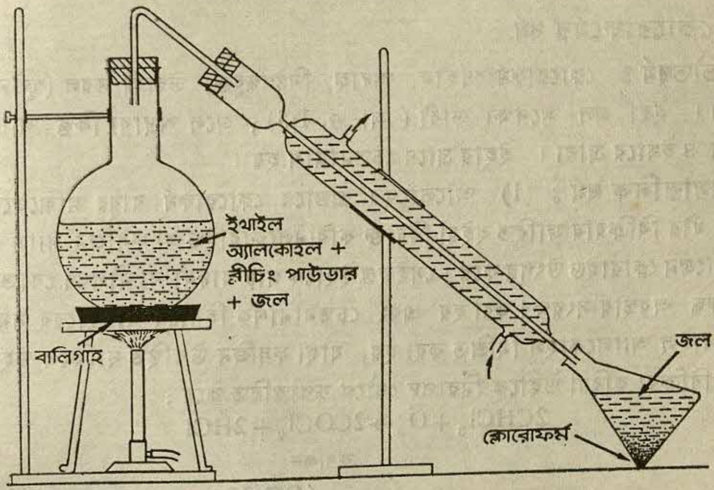
অ্যালকোহলের পরিবর্তে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হইলে প্রথমে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয়, যাহা পরবর্তী ধাপে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া ক্লোরোফর্ম ও ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট গঠন করে।

(a) প্রতিস্থাপন : $CH_3COCH_3 + 3Cl_2 \rightarrow \underset{\text{ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটোন}}{CCl_3COCH_3} + 3HCl$

(b) আর্দ্র বিশ্লেষণ : $2CCl_3COCH_3 + Ca(OH)_2$
$\rightarrow \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{2CHCl_3} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Ca}$

প্রস্তুত প্রণালী : একটি নির্গমনলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে ব্লিচিং পাউডারের জলীয় লেই ও ইথাইল অ্যালকোহল মিশ্রণ লইয়া নির্গমনলটিকে চিত্রানুযায়ী একটি লীবিক শীতকের সহিত এবং শীতকের অপর প্রান্তকে একটি গ্রাহকপাত্রের সহিত সংযুক্ত করা হয়। ফ্লাস্কটিকে বালিগাহে রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে ক্লোরোফর্ম বাষ্পরূপে

নির্গত হইয়া শীতকে প্রবেশ করে এবং সেখানে তরলীভূত হইয়া বিন্দু বিন্দু আকারে গ্রাহকপাত্রে আসিয়া সঞ্চিত হয়। একই সঙ্গে অদ্রাব্য ক্লোরোফর্ম স্তরের উপর লঘুতর একটি জলীয় স্তরও গঠিত হয়।



চিত্র 5.1 পরীক্ষাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি

অতঃপর সঞ্চিত তরলকে একটি বিযোজী (seperating) ফানেলে লইয়া ক্লোরোফর্ম স্তরকে জলীয় স্তর হইতে পৃথক করা হয়। এই ক্লোরোফর্ম স্তরকে কয়েকবার লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের সাহায্যে ধৌত করিলে উহা হইতে অ্যালকোহল ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অশুদ্ধি দূরীভূত হইয়া যায়। পরিশেষে জলের দ্বারা ধৌত এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সাহায্যে শুষ্ক করিবার পর পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়।

(2) ক্লোরাল, ক্লোরাল হাইড্রেট অথবা ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয়;

$$\underset{\text{ক্লোরাল}}{CCl_3\cdot CHO} + NaOH \rightarrow \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + \underset{\text{সোডিয়াম ফর্মেট}}{HCOONa}$$

$$\underset{\text{ক্লোরাল হাইড্রেট}}{CCl_3{-}CH(OH)_2} + NaOH \rightarrow \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + \underset{\text{সোডিয়াম ফর্মেট}}{HCOONa} + H_2O$$

$$\underset{\text{ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CCl_3\text{-}COOH} + NaOH \rightarrow \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + \underset{\text{সোডিয়াম বাইকার্বনেট}}{NaHCO_3}$$

(3) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে কার্বনটেট্রা-ক্লোরাইডকে জল ও আয়রনচূর্ণ সহ উত্তপ্ত করিলে ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়;

$$CCl_4 + 2[H] \xrightarrow{Fe/H_2O} CHCl_3 + HCl$$

(4) প্রাকৃতিক গ্যাস (প্রধানত মিথেন) ও ক্লোরিনের নিয়ন্ত্রিত অবস্থায় বিক্রিয়ার সাহায্যেও ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা যায়;

$$CH_4 + 3Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + 3HCl$$

5.7 ক্লোরোফর্মের ধর্ম

ভৌতধর্ম ঃ ক্লোরোফর্ম বর্ণহীন, অদাহ্য, মিষ্টগন্ধযুক্ত, উদ্বায়ী তরল (স্ফুটনাঙ্ক 61°C)। ইহা জল অপেক্ষা ভারী (আ. গু. 1·5); জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রাব্য। ইহার ঘ্রাণে চেতনানাশ হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) আলোকের প্রভাবে ক্লোরোফর্ম বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ধীর বিক্রিয়ায় জারিত হইয়া বিষাক্ত কার্বনিলক্লোরাইড বা ফসজিন গ্যাস ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। সেইজন্য ইহাকে গাঢ় বাদমী বা নীলবর্ণ বোতলে বায়ুনিরুদ্ধ অবস্থায় সংরক্ষণ করা হয় এবং চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহারের সময়ে 1% ইথাইল অ্যালকোহল মিশ্রিত করা হয়, যাহা ফসজিন উপস্থিত থাকিলে উহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাকে নিরাপদ যৌগে রূপান্তরিত করে;

$$2CHCl_3 + O_2 \rightarrow \underset{\text{ফসজিন}}{2COCl_2} + 2HCl$$

$$COCl_2 + 2C_2H_5OH - CO\begin{matrix} / OC_2H_5 \\ \backslash OC_2H_5 \end{matrix} \quad \text{ডাই-ইথাইল কার্বনেট}$$

(2) **আর্দ্রবিশ্লেষণ ঃ** কস্টিকপটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে ক্লোরোফর্ম আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া পটাসিয়াম ফর্মেটে পরিণত হয়;

$CHCl_3 + 3KOH \rightarrow 3KCl + CH(OH)_3$ (অস্থিত যৌগ—অর্থো ফর্মিক অ্যাসিড)

$CH(OH)_3 \rightarrow H_2O + HCOOH$ (সুস্থিত যৌগ—মেটা বা সাধারণ ফর্মিক অ্যাসিড)

$HCOOH + KOH \rightarrow H_2O + HCOOK$ (পটাসিয়াম ফর্মেট)

(3) **কার্বিল অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড বিক্রিয়া ঃ** অ্যানিলিন অথবা যে-কোন প্রাইমারি অ্যামিন ($—NH_2$ মূলকযুক্ত যৌগ) ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণের সহিত ক্লোরোফর্মকে উত্তপ্ত করিলে তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বিষাক্ত কার্বিল অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রাইমারি অ্যামিনকে অথবা বিপরীতক্রমে ক্লোরোফর্মকে সনাক্ত করা যায়;

$$CHCl_3 + 3KOH + C_6H_5NH_2 \rightarrow \underset{\text{ফিনাইল আইসোসায়ানাইড}}{C_6H_5NC} + 3KCl + 3H_2O$$

$$CHCl_3 + 3KOH + CH_3NH_2 \rightarrow CH_3NC \text{ (মিথাইল আইসোসায়ানাইড)} + 3KCl + 3H_2O$$

(4) **বিজারণ ঃ** ক্লোরোফর্মকে জিঙ্কচূর্ণ ও জলের সহিত ফুটাইয়া বিজারিত করিলে মিথেন উৎপন্ন হয়, কিন্তু জিঙ্ক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করিলে মিথিলিন ডাইক্লোরাইড পাওয়া যায়;

$$CHCl_3 + 6[H] \xrightarrow{Zn/H_2O} 3HCl + CH_4$$ (মিথেন)

$$CHCl_3 + 2[H] \xrightarrow{Zn/HCl} HCl + CH_2Cl_2$$ (মিথিলিন ক্লোরাইড)

(5) ক্লোরোফর্মকে সিলভার-চূর্ণসহ উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয় ;

$2CHCl_3 + 6Ag \rightarrow 6AgCl + CH{\equiv}CH$ (অ্যাসিটিলিন)

(6) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ক্লোরোফর্মকে ক্লোরোপিক্রিনে পরিণত করে ;

$CHCl_3 + HNO_3 \rightarrow H_2O + CCl_3{-}NO_2$ (ক্লোরোপিক্রিন)

ক্লোরোপিক্রিনকে কীটনাশক তরল হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

5.8 ব্যবহার

(1) চেতনানাশক হিসাবে অস্ত্রোপচারের সময়ে ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। (2) পরীক্ষাগারে প্রাইমারি অ্যামিনের সনাক্তকরণে ক্লোরোফর্মের প্রয়োজন হয়। (3) বিবিধ জৈব পদার্থের উত্তম দ্রাবক হিসাবে ইহার ব্যবহার আছে। (4) ঔষধ প্রস্তুতিতেও ক্লোরোফর্ম ব্যবহার করা হয়।

আয়োডোফর্ম বা ট্রাই আয়োডো মিথেন (CHI_3)

5.9 প্রস্তুত প্রণালী

(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সহিত আয়োডিন ও কস্টিক সোডা দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। অ্যালকোহল ব্যবহৃত হইলে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতির ন্যায় আয়োডোফর্ম প্রস্তুতির সময়েও বিক্রিয়ার মধ্যে তিনটি নির্দিষ্ট পর্যায় লক্ষ্য করা যায়।

(a) জারণ : $CH_3CH_2OH + I_2 \rightarrow 2HI + CH_3CHO$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড)

(b) প্রতিস্থাপন : $CH_3CHO + 3I_2 \rightarrow 3HI + CI_3CHO$ (ট্রাইআয়োডো অ্যাসিট্যালডিহাইড)

(c) আর্দ্রবিশ্লেষণ : $CI_3CHO + NaOH \rightarrow CHI_3$ (আয়োডোফর্ম) $+ HCOONa$ (সোডিয়াম ফর্মেট)

অ্যাসিটোনের সহিত বিক্রিয়ায় প্রথমে ট্রাই আয়োডো অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয় ;

(a) $CH_3COCH_3 + 3I_2 \rightarrow 3HI + CI_3COCH_3$ (ট্রাই আয়োডো অ্যাসিটোন)

(b) $CI_3COCH_3 + NaOH \rightarrow CHI_3$ (আয়োডোফর্ম) $+ CH_3COONa$ (সোডিয়াম অ্যাসিটেট)

একটি বীকারে প্রয়োজনীয় অনুপাতে অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোন এবং আয়োডিন চূর্ণ লওয়া হয়। অতঃপর উহার মধ্যে অনবরত নাড়িতে নাড়িতে 10% কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করা হয়। অতঃপর বীকারটিকে জলগাহে 60°-70°C

তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিবার পর শীতল করিলে, আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফিল্টার করিয়া প্রাপ্ত অবশেষকে রেকটিফায়েড স্পিরিট হইতে পুনঃকেলাসিত করিলে বিশুদ্ধ আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়।

(2) **শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিঃ** আয়োডোফর্ম শিল্পোৎপাদনের জন্য পটাসিয়াম আয়োডাইডের অ্যালকোহল মিশ্রিত জলীয় দ্রবণকে অথবা অ্যাসিটোন মিশ্রিত জলীয় দ্রবণকে 60°-70°C তাপমাত্রায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। দ্রবণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহের সাহায্যে হাইড্রক্সিল আয়নের গাঢ়ত্বকে নির্দিষ্ট মাত্রায় বজায় রাখা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে আয়োডিন এবং ক্যাথোডে পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হইয়া অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড অতিরিক্ত কস্টিক পটাসকে পটাসিয়াম কার্বনেটে পরিণত করে।

$$2KI + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2 + I_2\ ;$$

$$5I_2 + H_2O + C_2H_5OH \rightarrow CHI_3 + CO_2 + 7HI$$

5.10 আয়োডোফর্মের ধর্ম

ভৌত ধর্মঃ আয়োডোফর্ম বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত হাল্কা হলুদবর্ণ কেলাসাকার পদার্থ। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 119°C। ইহা সহজেই ঊর্ধ্বপাতিত হয়।

রাসায়নিক ধর্মঃ (1) আয়োডোফর্ম দ্রবণ ক্লোরোফর্ম হইতে কম সুস্থিত। আলোক ও বায়ুর সান্নিধ্যে আয়োডোফর্ম দ্রবণ হইতে সহজেই আয়োডিন মুক্ত হয়।

(2) ক্লোরোফর্মের ন্যায় আয়োডোফর্মকেও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে পটাসিয়াম ফর্মেট উৎপন্ন হয়;

$$CHI_3 + 3KOH \rightarrow CH(OH)_3 + 3KI$$

$$CH(OH)_3 \rightarrow HCOOH + H_2O\ ;\ HCOOH + KOH \rightarrow \underset{\text{পটাসিয়াম ফর্মেট}}{HCOOK} + H_2O$$

(3) ক্ষারীয় সোডিয়াম আরসেনাইট দ্রবণ আয়োডোফর্মকে আংশিকভাবে বিজারিত করিয়া মিথিলিন আয়োডাইডে পরিণত করে;

$$CHI_3 + \underset{\text{সোডিয়াম আরসেনাইট}}{Na_3AsO_3} + NaOH \rightarrow \underset{\text{মিথিলিন আয়োডাইড}}{CH_2I_2} + NaI + \underset{\text{সোডিয়াম আরসিনেট}}{Na_3AsO_4}$$

(4) আয়োডোফর্মকে কস্টিক পটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ এবং প্রাইমারি অ্যামিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে কার্বিলঅ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়;

$$CHI_3 + 3KOH + C_6H_5NH_2 \rightarrow \underset{\text{ফিনাইল আইসোসায়ানাইড}}{C_6H_5NC} + 3KI + 3H_2O$$

(5) সিলভার চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিলে আয়োডোফর্ম অ্যাসিটিলিনে পরিণত হয়; $2CHI_3 + 6Ag \rightarrow CH{\equiv}CH + 6AgI$

5.11 ব্যবহার

আয়োডোফর্মকে অস্ত্রোপচারের পর ব্যাণ্ডেজে জীবাণুনাশক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

জৈব যৌগের রূপান্তর :

পূর্বে (মারকনিকফ নিয়মের সাহায্যে রূপান্তর প্রসঙ্গে) ইথিলিন ক্লোরাইড ও ইথিলিডিন ক্লোরাইডের পারস্পরিক রূপান্তর প্রক্রিয়া দেখানো হইয়াছে। এখানে হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগের আরও কয়েকটি পারস্পরিক রূপান্তর প্রদর্শিত হইল।

মিথাইল ক্লোরাইড হইতে ইথাইল ক্লোরাইড এবং বিপরীত রূপান্তর :

$$\text{A. } CH_3Cl \xrightarrow{Na} C_2H \xrightarrow{Cl_2} C_2H_5Cl$$

মিথাইল ক্লোরাইড — ইথেন — ইথাইল ক্লোরাইড

$$\text{B. } C_2H_5Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH} C_2H_5OH \xrightarrow{[O]} CH_3COOH \xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3COONa$$

ইথাইল ক্লোরাইড — ইথাইল অ্যালকোহল — অ্যাসিটিক অ্যাসিড — সোডিয়াম অ্যাসিটেট

$$\xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl$$

মিথেন — মিথাইল ক্লোরাইড

নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইড হইতে আইসো প্রোপাইল ব্রোমাইড এবং বিপরীত রূপান্তর :

$$\text{A. } CH_3CH_2CH_2Br \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3.CHBr.CH_3$$

নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইড — প্রোপিলিন — আইসো প্রোপাইল ব্রোমাইড

$$\text{B. } CH_3.CHBr.CH_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} CH_3.CH{=}CH_2 \xrightarrow[\text{পারঅক্সাইড}]{HBr} CH_3CH_2CH_2Br$$

আইসো প্রোপাইল ব্রোমাইড — প্রোপিলিন — নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইড

ইথাইল ক্লোরাইড হইতে নর্ম্যাল প্রোপাইল ক্লোরাইড এবং বিপরীত রূপান্তর :

$$\text{A. } C_2H_5Cl \xrightarrow{Na} CH_3CH_2CH_2CH_3 \xrightarrow{Cl_2} CH_3CH_2CH_2CH_2Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH}$$

ইথাইল ক্লোরাইড — নর্ম্যাল বিউটেন — নর্ম্যাল বিউটাইল ক্লোরাইড

$$CH_3CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CH_2CH_2COOH \xrightarrow{Na_2CO_3}$$

নর্ম্যাল বিউটাইল অ্যালকোহল — বিউটিরিক অ্যাসিড

$$CH_3CH_2CH_2COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_3CH_2CH_3 \xrightarrow{Cl_2} CH_3CH_2CH_2Cl$$

সোডিয়াম বিউটিরেট — প্রোপেন — নর্ম্যাল প্রোপাইল ক্লোরাইড

B. $CH_3CH_2CH_2Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH} CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CH_2COOH$

নর্ম্যাল প্রোপাইল ক্লোরাইড — নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল — প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড

$\xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3CH_2COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_3.CH_3 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_5Cl$

সোডিয়াম প্রোপিয়োনেট — ইথেন — ইথাইল ক্লোরাইড

মিথাইল ক্লোরাইড হইতে ক্লোরোফর্ম এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $CH_3Cl \xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} CHCl_3$

মিথাইল ক্লোরাইড — মিথিলিন ক্লোরাইড — ক্লোরোফর্ম

B. $CHCl_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{Ag চূর্ণ}} C_2H_2 \xrightarrow[(H_2O)]{Hg^{++}/H_2SO_4} CH_3CHO \xrightarrow{Ag_2O} CH_3COOH$

ক্লোরোফর্ম — অ্যাসিটিলিন — অ্যাসিট্যালডিহাইড — অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$\xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl$

সোডিয়াম অ্যাসিটেট — মিথেন — মিথাইল ক্লোরাইড

অথবা $CHCl_3 \xrightarrow[{[H]}]{\text{Zn ধূলি + জল}} CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl$

ক্লোরোফর্ম — মিথেন — মিথাইল ক্লোরাইড

মিথাইল আয়োডাইড হইতে আয়োডোফর্ম এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $CH_3I \xrightarrow[\text{ইথার}]{Mg} CH_3MgI \xrightarrow{CH_2O} H-\underset{CH_3}{\overset{H}{C}}-OMgI \xrightarrow{H_2O}$

মিথাইল আয়োডাইড — মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড

$C_2H_5OH \xrightarrow{NaOH+I_2} CHI_3$

ইথাইল অ্যালকোহল — আয়োডোফর্ম

B. $CHI_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{Ag চূর্ণ}} C_2H_2 \xrightarrow[H_2O]{Hg^{++}/H_2SO_4} CH_3CHO \xrightarrow{Ag_2O} CH_3COOH$

আয়োডফর্ম — অ্যাসিটিলিন — অ্যাসিট্যালডিহাইড — অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$\xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4 \xrightarrow{I_2/HNO_3} CH_3I$

সোডিয়াম অ্যাসিটেট — মিথেন

সার-সংক্ষেপ

প্যারাফিন বা অ্যালকেনের অণু হইতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সমসংখ্যক হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ শ্রেণী উৎপন্ন করে তাহাদের প্যারাফিনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগ বলে। অনুরূপভাবে ওলেফিন বা অ্যালকিনের অণু হইতে হাইড্রোজেনকে হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া ওলেফিনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগসমূহ পাওয়া যায়। ক্লোরোফর্ম এবং আয়োডোফর্ম প্যারাফিনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগের উদাহরণ।

ক্লোরোফর্ম $CHCl_3$

প্রস্তুতি ঃ (1) পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহল অথবা অ্যাসিটোনের সহিত ব্লিচিং পাউডার পাতিত করিয়া ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়ার তিনটি ধাপ।

(i) জারণ : $CH_3CH_2OH + Cl_2 \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + 2HCl$

(ii) প্রতিস্থাপন : $CH_3CHO + 3Cl_2 \rightarrow 3HCl + CCl_3CHO$ (ক্লোরাল)

(iii) আর্দ্র বিশ্লেষণ : $2CCl_3CHO + Ca(OH)_2$
$\rightarrow \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{2CHCl_3} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম ফর্মেট}}{(HCOO)_2Ca}$

(2) $CCl_3.CH(OH)_2 + NaOH \rightarrow CHCl_3 + HCOONa + H_2O$

(3) $CCl_4 + 2[H] \xrightarrow{Fe/H_2O} CHCl_3 + HCl$

(4) $CH_4 + 3Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + 3HCl$

ধর্ম ঃ বর্ণহীন অদাহ্য মিষ্টগন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল ; আ.গু. 1·5। জলে অদ্রাব্য, চেতনানাশক।

(1) $2CHCl_3 + O_2 \xrightarrow[\text{ধীর বিক্রিয়া}]{\text{আলোক}} \underset{\text{কার্বনিল ক্লোরাইড (বিষাক্ত)}}{2COCl_2} + 2HCl$

(2) $CHCl_3 + 3KOH$ (অ্যালকোহলীয়) $\xrightarrow{\triangle} 3KCl + CH(OH)_3$
$CH(OH)_3 \rightarrow HCOOH + H_2O$;
$HCOOH + KOH = \underset{\text{পটাসিয়াম ফর্মেট}}{HCOOK} + H_2O$

(3) $CHCl_3 + 3KOH$ (অ্যালকোহলীয়) $+ CH_3NH_2$
$\rightarrow \underset{\text{মিথাইল আইসোসায়ানাইড}}{CH_3NC} + 3KCl + 3H_2O$

(4) $CHCl_3 + 6[H] \xrightarrow{Zn/H_2O} 3HCl + CH_4$ (মিথেন)

(5) $2CHCl_3 + 6Ag \xrightarrow{\Delta} 6AgCl + CH \equiv CH$ (অ্যাসিটিলিন)

(6) $CHCl_3 + HNO_3 \rightarrow H_2O + CCl_3NO_2$ (ক্লোরোপিক্রিন)

ব্যবহার : চেতনানাশক হিসাবে অস্ত্রোপচারে, পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে, দ্রাবক হিসাবে এবং ঔষধে ক্লোরোফর্ম ব্যবহৃত হয়।

আয়োডোফর্ম, CHI_3

প্রস্তুতি : (1) পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সঙ্গে আয়োডিন ও কস্টিক সোডা দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়ার তিনটি ধাপ ; জারণ, প্রতিস্থাপন ও আর্দ্র বিশ্লেষণ।

(i) জারণ : $CH_3CH_2OH + I_2 \rightarrow CH_3CHO + 2HI$

(ii) প্রতিস্থাপন : $CH_3CHO + 3I_2 \rightarrow 3HI + CI_3CHO$ (আয়োডাল)

(iii) আর্দ্র বিশ্লেষণ : $CI_3CHO + NaOH \rightarrow \underset{\text{আয়োডোফর্ম}}{CHI_3} + \underset{\text{সোডিয়াম ফর্মেট}}{HCOONa}$

(2) KI-এর জলীয়-অ্যালকোহলীয় দ্রবণ তড়িৎবিশ্লেষণ করিয়া :

$2KI + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2 + I_2$

$5I_2 + H_2O + C_2H_5OH \rightarrow CHI_3 + CO_2 + 7HI$

ধর্ম : আয়োডোফর্ম বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত হলুদবর্ণ কেলাসাকার পদার্থ। জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রাব্য।

(1) $CHI_3 + 3KOH$ (অ্যালকোহলীয়) $\xrightarrow{\Delta} CH(OH)_3 + 3KI$

$CH(OH)_3 \rightarrow HCOOH + H_2O$;

$HCOOH + KOH \rightarrow \underset{\text{পটাসিয়াম ফর্মেট}}{HCOOK} + H_2O$

(2) $CHI_3 + \underset{\text{সোডিয়াম আরসেনাইট}}{Na_3AsO_3} + NaOH \rightarrow \underset{\text{মিথিলিন আয়োডাইড}}{CH_2I_2} + NaI + \underset{\text{সোডিয়াম আরসিনেট}}{Na_3AsO_4}$

(3) $CHI_3 + 3KOH$ (অ্যালকোহলীয়) $+ C_6H_5NH_2$

$\rightarrow \underset{\text{ফিনাইল আইসোসায়ানাইড}}{C_6H_5NC} + 3KI + 3H_2O$

(4) $2CHI_3 + 6Ag \xrightarrow{\Delta} CH \equiv CH + 6AgI$

ব্যবহার : আয়োডোফর্মকে অস্ত্রোপচারের পর ব্যাণ্ডেজে জীবাণুনাশক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. রসায়নাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। আলো ও বায়ুর সংস্পর্শে ক্লোরোফর্মের কি পরিবর্তন হয়? ক্লোরাল কাহাকে বলে? ক্লোরাল হইতে কিভাবে ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়? ক্লোরোফর্মের দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর। [Tripura, 1979, '82]

2. কি করিয়া ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়? [H. S. '81] ক্লোরোফর্মের বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর। ক্লোরোফর্মকে কি করিয়া সনাক্ত করিবে?

3. রসায়নাগারে আয়োডোফর্ম প্রস্তুতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। প্রস্তুতিকালে যে-বিক্রিয়াগুলি হয় সেগুলি উপযুক্ত সমীকরণসহ লিখ।

আয়োডোফর্মকে (a) গাঢ় কস্টিক পটাস দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে; (b) অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণ ও অ্যানিলিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে অথবা (c) সিলভার চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে? প্রতি ক্ষেত্রে উপযুক্ত সমীকরণ দাও।

আয়োডোফর্মের প্রধান ব্যবহার কি?

4. অ্যালকেনের হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগগুলি প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর।

অ্যালকিল হ্যালাইড ও হ্যালোফর্মের তিনটি করিয়া রাসায়নিক ধর্ম উপযুক্ত সমীকরণসহ লিখ।

5. কি করিয়া আয়োডোফর্মের শিল্পোৎপাদন করা হয়? আয়োডোফর্মের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি বিবৃত কর।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কি করিয়া প্রস্তুত করিবে?

(a) মিথাইল ক্লোরাইড হইতে ইথাইল ক্লোরাইড এবং ইথাইল ক্লোরাইড হইতে মিথাইল ক্লোরাইড।

(b) মিথাইল ক্লোরাইড হইতে ক্লোরোফর্ম এবং ক্লোরোফর্ম হইতে মিথাইল ক্লোরাইড।

(c) মিথাইল আয়োডাইড হইতে আয়োডোফর্ম এবং আয়োডোফর্ম হইতে মিথাইল আয়োডাইড।

(d) নর্মাল প্রোপাইল ব্রোমাইড হইতে আইসোপ্রোপাইল ব্রোমাইড এবং আইসোপ্রোপাইল ব্রোমাইড হইতে নর্ম্যাল প্রোপাইল ব্রোমাইড।

2. A, B, C ইত্যাদি স্থানে উপযুক্ত যৌগের সঙ্কেত ও নাম বসাও:

(i) $C_2H_5OH \xrightarrow[\Delta]{Ca(OCl)Cl} A \xrightarrow[\Delta]{C_6H_5NH_2 + KOH} B$

(ii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[\Delta]{KOH+I_2} A \xrightarrow[\Delta]{Ag\text{-চূর্ণ}} B \xrightarrow[H_2O]{Hg^{++}/H_2SO_4} C \xrightarrow{[O]} D$

(iii) $A \xrightarrow[Mg]{\text{শুষ্ক ইথার}} B \xrightarrow{H_2O} C_2H_6$

3. কারণ প্রদর্শন কর :

(a) ক্লোরোফর্মকে গাঢ় বাদামী বা নীলবর্ণ বোতলে রাখা হয় কেন ?

(b) চেতনানাশক হিসাবে ক্লোরোফর্ম ব্যবহার করার সময় উহার সহিত অ্যালকোহল মিশ্রিত করা হয় কেন ?

(c) হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগগুলি জলে দ্রাব্য নয় কেন ?

(d) মিথাইল অ্যালকোহল হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় না কেন ?

(e) গ্রিগনার্ড বিকারককে জৈব-ধাতব যৌগ বলা হয় কেন ?

(f) গ্রিগনার্ড বিকারক প্রস্তুতির সময় শুষ্ক ইথার ব্যবহার করা হয় কেন ?

4. উত্তর দাও (প্রয়োজনীয় সমীকরণ দিতে হইবে) :

(a) আয়োডোফর্মকে সিলভার চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ?

(b) আয়োডোফর্মকে ক্ষারীয় সোডিয়াম আরসেনাইট দ্রবণ দ্বারা বিজারিত করিলে কি ঘটে ?

(c) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয়-অ্যালকোহলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে কি ঘটে ?

(d) অ্যাসিটোনের সহিত কস্টিক পটাস ও আয়োডিন দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ?

(e) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্লোরোফর্মের বিক্রিয়ায় কি পাওয়া যায় ?

(f) অ্যানিলিনকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণ ও ক্লোরোফর্মসহ উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ?

(g) ক্লোরোফর্মকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ?

(h) ইথাইল অ্যালকোহলকে ব্লিচিং পাউডার সহ উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ?

(i) কার্বন টেট্রাক্লোরাইডকে লৌহ চূর্ণ ও সামান্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-যুক্ত জলের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ?

(j) ইথাইল ব্রোমাইডের সহিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় কি ঘটে ?

(k) মিথাইল ক্লোরাইডের সহিত পটাসিয়াম সায়ানাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিবার পর উৎপন্ন পদার্থ লঘু অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে কি হয় ?

(l) ইথাইল ক্লোরাইডের সহিত পটাসিয়াম সায়ানাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করার পর উৎপন্ন পদার্থকে বিজারিত করিলে কি পাওয়া যায় ?

৬
অ্যালকোহল
[ALCOHOLS]

অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেনকে হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়। অ্যালকোহলগুলির শ্রেণীবিভাগ ও নামকরণ সম্পর্কে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। এখানে আমরা আলোচনাকে অ্যালকানল বা একটিমাত্র হাইড্রক্সিলমূলকযুক্ত সম্পৃক্ত অ্যালকোহল-গুলির মধ্যেই সীমাবদ্ধ রাখিব, যাহাদের সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n+1}OH$।

6.1 সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) **অ্যালডিহাইড ও কিটোন হইতে :** অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে সোডিয়াম পারদ সংকর ও জলের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে বিজারিত করিলে যথাক্রমে প্রাইমারি ও সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল পাওয়া যায়;

$$\underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + 2[H] \xrightarrow{Na-Hg/H_2O} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2—OH}$$

$$\underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} + 2[H] \xrightarrow{Na-Hg/H_2O} \underset{\text{আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH(OH)CH_3}$$

জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে বিজারিত করিবার পরিবর্তে, অ্যালডিহাইড বা কিটোন বাষ্পকে হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলেও অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$RCHO + H_2 \xrightarrow[200°C]{Ni} RCH_2OH$$

(2) **অ্যালকিল হ্যালাইড হইতে :** অ্যালকিল হ্যালাইডকে ক্ষারের লঘু জলীয় দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়;

$$RX + NaOH \longrightarrow R\text{-}OH + NaX \quad (X = Cl, Br \text{ বা } I)$$

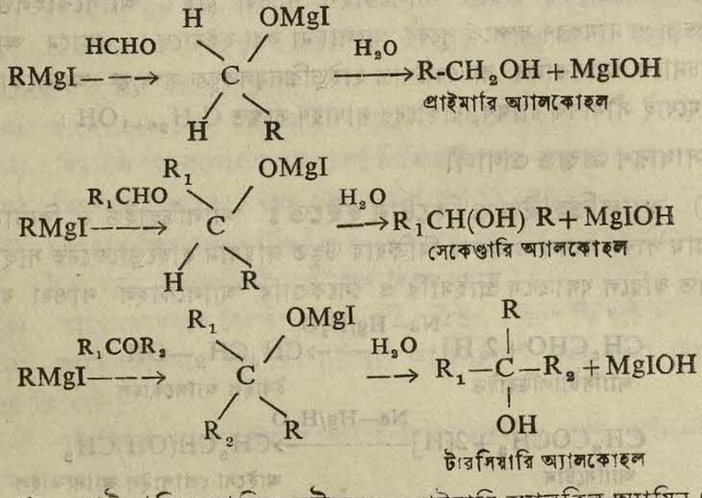
(3) **অ্যালকিন হইতে :** অ্যালকিন শ্রেণীর দ্বিবন্ধযুক্ত হাইড্রোকার্বনকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করিয়া উৎপন্ন অ্যালকিল হাইড্রোজেন সালফেটকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

$$RCH{=}CH_2 \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} R\text{-}CH(HSO_4)—CH_3 \xrightarrow{H_2O} R\text{-}CH(OH).CH_3 + H_2SO_4$$

(4) **এস্টার হইতে :** এস্টারকে ক্ষারের জলীয় দ্রবণসহ ফুটাইলে উহা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

$$R—COOR' + NaOH \rightarrow RCOONa + R'OH$$

(5) **গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে:** গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত অ্যালডিহাইড বা কিটোনের বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়। এরূপ বিক্রিয়ার ফলে প্রথমে যে যুতযৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করিলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়। বিক্রিয়ায় ফরম্যালডিহাইড ব্যবহৃত হইলে প্রাইমারি অ্যালকোহল, অন্যান্য অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল এবং কিটোনের ক্ষেত্রে টারসিয়ারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



(6) **প্রাইমারি অ্যামিন হইতে:** প্রাইমারি অ্যালকিল অ্যামিন (NH_3-এর একটি হাইড্রোজেন অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন যৌগ) ও নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলেও প্রাইমারি অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{প্রাইমারি অ্যামিন}}{R\text{-}NH_2} + \underset{\text{নাইট্রাস অ্যাসিড}}{OHNO} \longrightarrow \underset{\text{প্রাইমারি অ্যালকোহল}}{R\text{-}OH} + H_2O + N_2$$

(7) **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড হইতে:** লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডের ($LiAlH_4$) সাহায্যে বিজারিত করিলে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড সরাসরি অ্যালকোহলে পরিণত হয় (নাইস্ট্রম-ব্রাউন বিজারণ)

$$RCOOH + 4[H] \xrightarrow{LiAlH_4} RCH_2OH + H_2O$$

6.2 ধর্ম

ভৌত ধর্ম: সব অ্যালকোহলই বর্ণহীন প্রশম যৌগ। নিম্নতর অ্যালকোহলগুলি (মিথাইল, ইথাইল ও প্রোপাইল) সাধারণ তাপমাত্রায় মিষ্টগন্ধযুক্ত তরল এবং জলের সহিত যে-কোন অনুপাতে মিশ্রিত হইয়া সমসত্ত্ব দ্রবণ উৎপন্ন করে। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহাদের তৈলাক্তভাব বাড়িতে থাকে ও জলে দ্রাব্যতা কমিতে থাকে। অধিক আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অ্যালকোহলগুলি মোমসদৃশ, প্রায় গন্ধহীন কঠিন পদার্থ এবং জলে অদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) **জারণ :** প্রাইমারি, সেকেণ্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলের জারণধর্মে বিভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় এবং এই বিভিন্নতার সাহায্যে উহাদের সনাক্তকরণও সম্ভব। উপযুক্ত জারকদ্রব্যের (যেমন, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ) সাহায্যে জারিত করিলে, প্রাইমারি অ্যালকোহল সমসংখ্যক কার্বনপরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইডে ও সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল সমসংখ্যক কার্বনপরমাণুযুক্ত কিটোনে পরিণত হয়, কিন্তু টারসিয়ারি অ্যালকোহল আদৌ জারিত হয় না, অথবা হইলেও কার্বনশৃঙ্খল ছিন্ন হইয়া স্বল্পতর সংখ্যক কার্বনপরমাণুযুক্ত যৌগে পরিণত হয় ;

$$RCH_2OH + [O] \rightarrow RCHO,$$

প্রাইমারি অ্যালকোহল   অ্যালডিহাইড

$$RCH(OH)R_1 + [O] \rightarrow RCOR_1$$

সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল   কিটোন

আবার প্রাইমারি অ্যালকোহল জারণের ফলে সৃষ্ট অ্যালডিহাইডকে সহজেই আরো অধিক জারিত করিয়া সমসংখ্যক কার্বনপরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত করা গেলেও সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল জারণের ফলে সৃষ্ট কিটোনকে ঐরূপ সহজে জারিত করা যায় না এবং অতিতীব্র জারকদ্রব্য দ্বারা জারিত করা সম্ভব হইলেও ক্ষুদ্রতর শৃঙ্খলদৈর্ঘ্যের যৌগ উৎপন্ন হয়। এইরূপে জারণ বৈশিষ্ট্যের সাহায্যে কোন অ্যালকোহল প্রাইমারি, সেকেণ্ডারি অথবা টারসিয়ারি শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত কিনা, তাহা নির্ণয় করা যায়।

(2) **ক্ষারধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি ক্ষারধাতু সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যালকোহল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া অ্যালকোহলেট গঠন করে ;

$$2Na + 2C_2H_5OH \rightarrow H_2 + 2C_2H_5ONa$$

সোডিয়াম ইথাইলেট বা সোডিয়াম ইথক্সাইড

(3) **হ্যালোজেন দ্বারা হাইড্রক্সিল মূলক প্রতিস্থাপন :** অ্যালকোহলের হাইড্রক্সিল মূলককে ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড বা ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিন দ্বারা, লাল ফসফরাস ও ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্রোমিন দ্বারা অথবা লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায় ;

$$ROH + PCl_5 \rightarrow RCl + POCl_3 + HCl \;;$$

$$3ROH + PCl_3 \rightarrow 3RCl + H_3PO_3$$

$$2P + 3Br_2 \rightarrow 2PBr_3 \;;\; 3ROH + PBr_3 \rightarrow 3RBr + H_3PO_3$$

$$2P + 3I_2 \rightarrow 2PI_3 \;;\; 3ROH + PI_3 \rightarrow 3RI + H_3PO_3$$

ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়াকালে অ্যালকোহল অণুতে যত সংখ্যক হাইড্রক্সিল মূলক উপস্থিত থাকে, ঠিক ততসংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

অণু উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ধারণ করিয়া অ্যালকোহল অণুতে উপস্থিত হাইড্রক্সিল মূলকের সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

(4) **এস্টার গঠন :** অ্যালকোহল জৈব বা অজৈব অ্যাসিডের সহিত উভমুখী বিক্রিয়ায় এস্টার ও জল উৎপন্ন করে ;

$$HX + ROH \rightleftharpoons RX + H_2O \ ; \ R'COOH + ROH \rightleftharpoons R'COOR + H_2O$$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড ইত্যাদি নিরুদকের উপস্থিতিতে এস্টারে রূপান্তর পূর্ণাঙ্গ হয় ;

$$CH_3OH + HCl + ZnCl_2 \rightleftharpoons CH_3Cl + [H_2O + ZnCl_2]$$

$$C_2H_5OH + CH_3COOH + H_2SO_4 \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + [H_2O + H_2SO_4]$$

(5) **নিরুদন :** নিরুদকের উপস্থিতিতে ক্ষেত্রবিশেষে এক অণু অ্যালকোহল হইতে এক অণু জল অপসারিত হইয়া অ্যালকিন এবং ক্ষেত্রবিশেষে দুই অণু অ্যালকোহল হইতে এক অণু জল অপসারিত হইয়া ইথার উৎপন্ন হয়। কোন্ শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন হইবে তাহা ব্যবহৃত তাপমাত্রা এবং নিরুদক ও অ্যালকোহলের প্রকৃতি ও অনুপাতের উপর নির্ভর করে। যেমন 165°C তাপমাত্রায় অতিরিক্ত পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিরুদিত হইলে ইথাইল অ্যালকোহল ইথিলিন নির্গত করে ;

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \xrightarrow{165^\circ C} C_2H_4 + [H_2O + H_2SO_4]$$

কিন্তু 140°C তাপমাত্রায় অল্প পরিমাণ একই নিরুদক (অর্থাৎ সালফিউরিক অ্যাসিড) ব্যবহৃত হইলে ইথাইল অ্যালকোহল ডাইইথাইল ইথারে পরিণত হয় ;

$$2C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5OC_2H_5 + [H_2O + H_2SO_4]$$

উত্তপ্ত অ্যালুমিনা (Al_2O_3) বা থোরিয়া (ThO_2) অনুঘটকের সান্নিধ্যেও অ্যালকোহলকে অ্যালকিন বা ইথারে নিরুদিত করা যায়।

6.3 মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলের গঠন

ক্ষারধাতু মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রতি অণু হইতে কেবলমাত্র একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপন করে। যেমন,

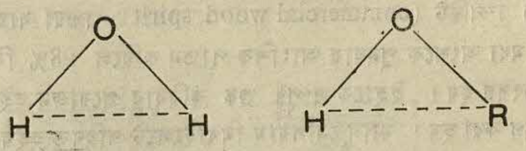
$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow H_2 + 2C_2H_5ONa$$

স্পষ্টত এই শ্রেণীর অ্যালকোহল অণুতে এই সক্রিয় হাইড্রোজেনটি অন্যান্য হাইড্রোজেন হইতে স্বতন্ত্রভাবে সংযুক্ত। আবার ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় প্রত্যেক মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল অণু হইতে একটিমাত্র হাইড্রক্সিল মূলক ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। সুতরাং এই শ্রেণীর অ্যালকোহল অণুতে একটি এবং কেবলমাত্র একটি হাইড্রক্সিল মূলকের অস্তিত্ব আছে

$$C_2H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl \text{।}$$

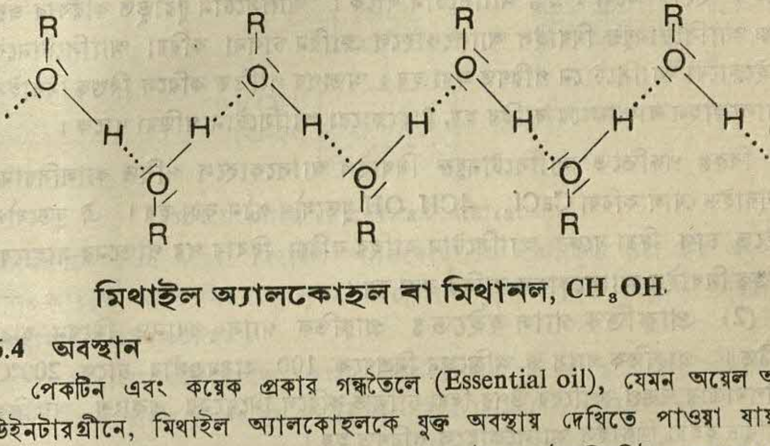
অতএব মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অক্সিজেনের মাধ্যমে কার্বনের সহিত যুক্ত এবং উহার সাধারণ সঙ্কেত R—OH ।

মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল অণুর, জলের অণুর ন্যায়, দ্বিমেরু ভ্রামক (Dipole) moment) আছে। সুতরাং ইহার অণুর গঠন কৌণিক ;



জল মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল

মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলগুলির স্ফুটনাঙ্ক তুলনামূলকভাবে উচ্চ এবং ইহার কারণ আণবিক জোটবদ্ধতা (Molecular association)। জলের অণুর ন্যায় অ্যালকোহলের অণুগুলিও হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে জোটবদ্ধ হইয়া অবস্থান করে। একটি অণুর হাইড্রক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন আর এক অণুর অক্সিজেন পরমাণুর সহিত হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে আবদ্ধ থাকে।



মিথাইল অ্যালকোহল বা মিথানল, CH_3OH

6.4 অবস্থান

পেকটিন এবং কয়েক প্রকার গন্ধতৈলে (Essential oil), যেমন অয়েল অব উইনটারগ্রীনে, মিথাইল অ্যালকোহলকে যুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়। কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে পাওয়া যায় বলিয়া ইহাকে উডস্পিরিটও বলা হয়।

6.5 মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত প্রণালী

(1) **কাঠের অন্তর্ধূমপাতন হইতে :** কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে (প্রথম খণ্ড, 'জ্বালানি' শীর্ষক অধ্যায় দ্রষ্টব্য) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড নামে যে-জলীয় অংশ পাওয়া যায়, তাহার মধ্যে অ্যাসিটিক অ্যাসিড (10%) মিথাইল অ্যালকোহল (2-4%) এবং অ্যাসিটোন (0·1-0·5%) থাকে। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডকে একটি তামার পাত্রে ফুটাইয়া নির্গত বাষ্পমিশ্রণকে তপ্ত চুনগোলার মধ্যে চালিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড শোষিত হইয়া ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটে পরিণত হয় ; $2CH_3COOH + Ca(OH)_2 \rightarrow (CH_3COO)_2Ca + 2H_2O$। কিন্তু মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন এবং কিছু জলীয় বাষ্প অবিকৃত অবস্থায় বাহির হইয়া আসে। অ্যাসিটিক অ্যাসিড মুক্ত এই বাষ্প মিশ্রণকে অতঃপর শীতকে শীতল করিয়া

তরলীভূত করা হয়। লঘু 'উড স্পিরিট' নামে পরিচিত প্রাপ্ত তরলকে পোড়াচুন মিশ্রিত করিয়া আংশিক পাতন (fractional distillation) করিলে 70% বিশুদ্ধ বাণিজ্যিক উড স্পিরিট (commercial wood spirit) পাওয়া যায়। আংশিক পাতনে উৎপন্ন মধ্য অংশকে পুনরায় আংশিক পাতন করিলে 98% বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। ইহাকে সম্পূর্ণ শুষ্ক করিবার প্রয়োজন হইলে ম্যাগ্নেসিয়াম খণ্ড যোগ করা হয়। ম্যাগ্নেসিয়াম মিথাইলেটে পরিণত হইয়া জল দূরীভূত করে ;

$$2CH_3OH \xrightarrow[-H_2]{+Mg} (CH_3O)_2Mg \xrightarrow{+H_2O} MgO + 2CH_3OH$$

কয়েক ঘণ্টা পরে উহাকে পুনরায় পাতিত করা হয়।

বিশুদ্ধিকরণ ঃ উপরি-উক্ত উপায়ে প্রাপ্ত মিথাইল অ্যালকোহল সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে। ইহার মধ্যে 1-2% অ্যাসিটোন থাকে। অ্যাসিটোন দূরীভূত করিবার জন্য উষ্ণ অ্যাসিটোনযুক্ত মিথাইল অ্যালকোহলে ক্লোরিন চালনা করিয়া অ্যাসিটোনকে ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটোনে পরিণত করা হয়। অতঃপর পাতিত করিলে বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্পাকারে বাহির হয়, ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটোন পড়িয়া থাকে।

বিকল্প পদ্ধতিতে অ্যাসিটোনযুক্ত মিথাইল অ্যালকোহলে গলিত ক্যালসিয়াম-ক্লোরাইড যোগ করিয়া $CaCl_2$, $4CH_3OH$ যুতযৌগ গঠন করা হয়। ঐ যুতযৌগ হইতে চাপ দিয়া সঙ্গের অ্যাসিটোন বাহির করিয়া দিবার পর পাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল বাহির করা হয়।

(2) **প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে ঃ** প্রাকৃতিক গ্যাস প্রধানত মিথেন দ্বারা গঠিত। প্রাকৃতিক গ্যাস ও অক্সিজেন মিশ্রণকে 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত করিলে মিথেনের একাংশ আংশিক জারিত হইয়া মিথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

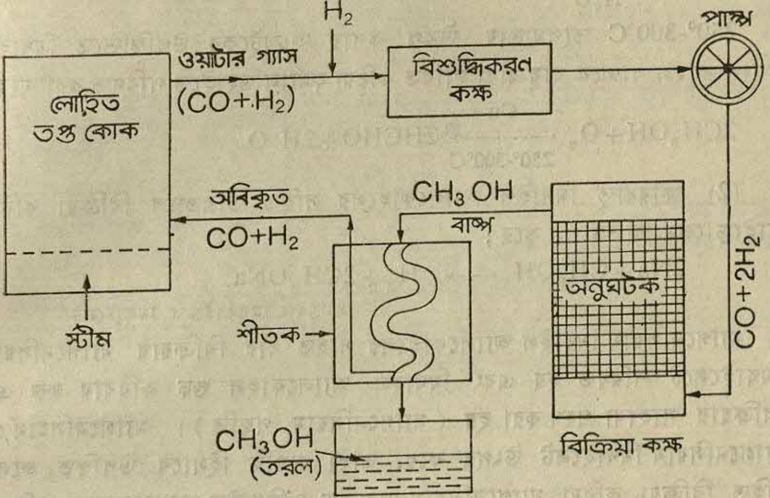
$$2CH_4 + O_2 \xrightarrow[200°C/Cu]{100 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}} 2CH_3OH$$

(3) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** আধুনিক যুগে মিথাইল অ্যালকোহলকে কার্বন-মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ হইতে সংশ্লেষণ করা হয়। 1 : 2 আয়তনিক অনুপাতে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে 200-300 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 300°-400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত জিঙ্ক অক্সাইড ক্রোমিক অক্সাইড মিশ্র অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ;

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[ZnO + Cr_2O_3]{350°C,\ 250 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}} CH_3OH$$

1 : 2 আয়তনিক অনুপাতে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ

(সংশ্লেষণ গ্যাস) প্রস্তুত করার জন্য ওয়াটার গ্যাসের একটি অংশকে হাইড্রোজেনে পরিণত করিয়া (হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন দ্রষ্টব্য) উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে উহার দ্বিগুণ আয়তন ওয়াটার গ্যাসের সহিত মিশ্রিত করা হয়। বিক্রিয়াশেষে



চিত্র 6.1 মিথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন

গ্যাসমিশ্রণকে শীতল করিয়া মিথাইল অ্যালকোহলকে তরলীভূত করা হয় এবং অবশিষ্ট অবিকৃত গ্যাস মিশ্রণকে নূতন সংশ্লেষণ গ্যাসের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিক্রিয়াকক্ষে প্রেরণ করা হয়।

(4) মিথাইল হ্যালাইডকে ক্ষারের জলীয় দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ; $CH_3Br + NaOH \rightarrow CH_3OH + NaBr$

(5) মিথাইল অ্যামিনের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলেও মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায় ;

$$CH_3NH_2 + OHNO \rightarrow CH_3OH + N_2 + H_2O$$

6.6 মিথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ মিথাইল অ্যালকোহল বর্ণহীন, মিষ্টগন্ধযুক্ত, ঝাঁঝালো স্বাদের তরল (স্ফুটনাঙ্ক 64·5°C)। ইহা বিষাক্ত, জল অপেক্ষা হাল্কা এবং যে-কোন অনুপাতে জলের সহিত মিশ্রিত হইয়া সমসত্ত্ব দ্রবণ উৎপন্ন করে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) মিথাইল অ্যালকোহল দাহ্য। প্রজ্জ্বলিত করিলে ঈষৎ নীল শিখা সহ জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় ;

$$2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$$

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা জারিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল প্রথমে ফর্ম্যালডিহাইড ও পরে ফর্মিক অ্যাসিড

উৎপন্ন করে। দীর্ঘস্থায়ী জারণে ফর্মিক অ্যাসিড শেষ পর্যন্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়।

$$CH_3OH \xrightarrow[H_2O]{[O]} CH_2O \xrightarrow{[O]} HCOOH \xrightarrow{[O]} CO_2 + H_2O$$

250°-300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে বায়ু দ্বারা জারিত করিয়া ফর্ম্যালডিহাইডে পরিণত করা যায়;

$$2CH_3OH + O_2 \xrightarrow[250°\text{-}300°C]{Cu} 2HCHO + 2H_2O$$

(2) ক্ষারধাতু মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে;

$$2Na + CH_3OH \longrightarrow H_2 + 2CH_3ONa$$

সোডিয়াম মিথক্সাইড বা মিথাইলেট

ম্যাগনেসিয়াম মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত ধীর বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম মিথাইলেটে পরিণত হয় এবং মিথাইল অ্যালকোহল শুষ্ক করিবার জন্য এই বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয় (ম্যাগনেসিয়াম পদ্ধতি)। ম্যাগনেসিয়াম যে ম্যাগনেসিয়াম মিথাইলেট উৎপন্ন করে, তাহা অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও মিথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়; $Mg + 2CH_3OH \rightarrow (CH_3O)_2Mg + H_2$

$$(CH_3O)_2Mg + H_2O \rightarrow 2CH_3OH + MgO$$

(3) মিথাইল অ্যালকোহলের হাইড্রক্সিল মূলক ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড বা ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিন দ্বারা, লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডিন দ্বারা অথবা লাল ফসফরাস ও ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্রোমিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়;

$$CH_3OH + PCl_5 \rightarrow CH_3Cl + HCl + POCl_3$$

$$3CH_3OH + PCl_3 \rightarrow 3CH_3Cl + H_3PO_3$$

$$2P + 3I_2 \rightarrow 2PI_3 \;;\; 3CH_3OH + PI_3 \rightarrow 3CH_3I + H_3PO_3$$

$$2P + 3Br_2 \rightarrow 2PBr_3 \;;\; 3CH_3OH + PBr_3 \rightarrow 3CH_3Br + H_3PO_3$$

অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের মত নিরুদকের উপস্থিতিতে হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়াও মিথাইল অ্যালকোহলকে সংশ্লিষ্ট মিথাইল হ্যালাইডে পরিণত করা যায়; $CH_3OH + HCl \rightleftharpoons H_2O + CH_3Cl$ (মিথাইল ক্লোরাইড)।

(4) মিথাইল অ্যালকোহল জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মিথাইল এস্টার ও জল উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া উভমুখী, তাই উপযুক্ত নিরুদক উপস্থিত থাকিলে উহা বিক্রিয়াজাত জল শোষণ করিয়া এস্টার উৎপাদনের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। জৈব অ্যাসিডের সহিত মিথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া ধীরগতি। অজৈব অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতিবৃদ্ধি হয়;

$CH_3OH+H_2SO_4 \rightleftharpoons H_2O+CH_3HSO_4$ (মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট)
গাঢ়

$CH_3COOH+CH_3OH \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} H_2O+CH_3COOCH_3$
মিথাইল অ্যাসিটেট

নিম্নচাপে পাতিত করিলে মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ডাইমিথাইল সালফেটে পরিণত হয়; $2CH_3HSO_4 \rightarrow (CH_3)_2SO_4+H_2SO_4$

(5) মিথাইল অ্যালকোহলকে মিথাইল হ্যালাইড অথবা মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেটের সহিত উত্তপ্ত করিলে ডাই মিথাইল ইথার উৎপন্ন হয় ;

$CH_3OH+CH_3I \rightarrow CH_3OCH_3+HI$

$CH_3OH+CH_3HSO_4 \rightarrow H_2SO_4+CH_3OCH_3$ (ডাইমিথাইল ইথার)

(6) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড মিথাইল অ্যাল-কোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মিথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে ;

$CH_3OH+CH_3COCl \rightarrow HCl+CH_3COOCH_3$ (মিথাইল অ্যাসিটেট)

$CH_3OH+(CH_3CO)_2O \rightarrow CH_3COOH+CH_3COOCH_3$

6.7 ব্যবহার

(1) মিথিলিটেড স্পিরিট প্রস্তুত করিতে, (2) প্লাস্টিক শিল্পে প্রয়োজনীয় ফর্ম্যালডিহাইড এবং টেরিলিন উৎপাদনে প্রয়োজনীয় ডাইমিথাইল টেরিথ্যালেট প্রস্তুতিতে, (3) ল্যাকার শিল্পে ও সুগন্ধী প্রস্তুতিতে দ্রাবক হিসাবে, (4) গাড়ির রেডিয়েটারে অ্যান্টিফ্রিজ (antifreege) হিসাবে এবং রাসায়নিক শিল্পে প্রয়োজনীয় নানাবিধ উপাদান প্রস্তুতিতে মিথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল অ্যালকোহল বা ইথানল, C_2H_5OH

অ্যালকোহল সমগণীয় শ্রেণীর মধ্যে সর্বাপেক্ষা অধিক গুরুত্বপূর্ণ ইথাইল অ্যালকোহল। অতি প্রাচীনকালেও মানুষ ইথাইল অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া সুরা হিসাবে পান করিত।

6.8 ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতি

(1) **ফার্মেনটেশন বা সন্ধান ক্রিয়ায় ইথানল প্রস্তুতি :** গ্লুকোজের লঘু জলীয় দ্রবণে 20°-30°C তাপমাত্রায় ইস্ট নামক একপ্রকার এককোষী উদ্ভিদ যোগ করিলে কিছুক্ষণ পরেই দ্রবণ কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবার ফলে সফেন হইয়া উঠে, মনে হয় যেন তাহাকে ফুটানো হইতেছে। বিক্রিয়ার ফলে শেষ পর্যন্ত গ্লুকোজের প্রায় 95% বিয়োজিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ; $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH+2CO_2$

এইরূপ যে-সকল জীব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় (Biochemical reaction) কোন অপেক্ষাকৃত জটিল জৈব যৌগ নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদকোষ বা প্রাণিকোষের উপস্থিতিতে সরলতর গঠন সঙ্কেতের জৈব যৌগে পরিণত হয়, তাহাদের ফার্মেনটেশন বা সন্ধান

ক্রিয়া বলে (ইংরেজী fermentation-এর উৎস ল্যাটিন fervere=স্ফুটন)। জীবকোষ দ্বারা সন্ধান ক্রিয়া সংঘটিত হইবার আসল কারণ, জীবকোষে উপস্থিত একপ্রকার সক্রিয় যৌগ, যাহা বিক্রিয়ায় জীবরাসায়নিক অনুঘটক হিসাবে কাজ করে। এইরূপ সক্রিয় যৌগকে **উৎসেচক বা এনজাইম (Engyme)** নামে অভিহিত করা হয়। ইস্টের মধ্যে উপস্থিত যে উৎসেচক গ্লুকোজকে ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হইতে সাহায্য করে তাহার নাম জাইমেজ (Zymase)। জাইমেজ ব্যতীতও ইস্টে আরও কয়েক প্রকার উৎসেচক আছে ; যেমন ইনভারটেজ (Invertase) যাহা সুক্রোজ বা ইক্ষু শর্করাকে গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজে পরিণত করে, মল্টেজ (Maltase) যাহা মল্টোজকে গ্লুকোজে পরিণত করে, ইত্যাদি।

গ্লুকোজ মহার্ঘ বলিয়া ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্প প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয় না। সাধারণত ইক্ষুরস হইতে চিনি নিষ্কাশনের পর চিনিকলে যে চিটাগুড় (Blackstrap molasses) পড়িয়া থাকে, সেই চিটাগুড় হইতে, অথবা ক্ষেত্রবিশেষে স্টার্চ (Starch) হইতে, সন্ধান ক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

চিটাগুড় হইতে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন : চিটাগুড়ে প্রায় 50% শর্করা (কিছু গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজ সহ প্রধানত সুক্রোজ) থাকে। ইহাতে জল মিশাইয়া 10-14% লঘু দ্রবণে বা 'ম্যাশে' (Mash) পরিণত করা হয়। দ্রবণকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে সামান্য আম্লিক (p_H 4-5) করিবার পর, উহার মধ্যে উহার আয়তনের প্রায় 5%, উৎকৃষ্ট শ্রেণীর ইস্টবাহী দ্রবণ বা 'স্টার্টার' (Starter) যোগ করা হয় (Inoculation)।

সাধারণত চিটাগুড়ে ইস্টের বংশবিস্তারের জন্য প্রয়োজনীয় যথেষ্ট নাইট্রোজেন, ফসফরাস ইত্যাদি থাকে, তবু প্রয়োজনবোধে ম্যাশে ঘাটতি পূরণের জন্য অ্যামোনিয়াম ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি খাদ্য পরিমিত মাত্রায় যোগ করা হয়। 20°-30°C তাপমাত্রায় দেড় হইতে দুই দিনে সন্ধান ক্রিয়া সমাপ্ত হয় এবং উৎপন্ন 7%-10% অ্যালকোহলযুক্ত দ্রবণ বা বিয়ার (Bear)-কে বিয়ারস্টিলে প্রেরণ করিয়া আংশিক পাতনের সাহায্যে রেকটিফায়েড স্পিরিটে (95·5% অ্যালকোহল) পরিণত করা হয়।

বিক্রিয়া : ইস্টের মধ্যে অনেকগুলি উৎসেচক থাকে। চিটাগুড়ের প্রধান উপাদান সুক্রোজ বা ইক্ষুশর্করা প্রথমে ইস্টের মধ্যে উপস্থিত ইনভারটেজ উৎসেচকের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজে পরিণত হয় এবং পরবর্তী ধাপে এই গ্লুকোজ ইস্টের মধ্যে উপস্থিত অপর এক উৎসেচক জাইমেজ দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভারটেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + \underset{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইড}}{2CO_2}$$

সন্ধান ক্রিয়ায় প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং বিয়ারকে ফেনিল করিয়া তোলে। এই কার্বন ডাই-অক্সাইডকে উপজাত সামগ্রী হিসাবে সংগ্রহ করাও চলে।

[বি. দ্র. : p_H দ্রবণে উপস্থিত হাইড্রোজেন আয়ন গাঢ়ত্বের অর্থাৎ আম্লিকতার সূচক। $p_H = -\log [H^+]$। তাই p_H যত কম দ্রবণ তত বেশি আম্লিক। প্রশম দ্রবণের $p_H = 7$।

ইনকুলেশন (Inoculation) : ম্যাশে (Mash) ইস্ট বা অন্যান্য জীবকোষ যোগ করিয়া জীব-রাসায়নিক বিক্রিয়ার সূত্রপাত ঘটানোকে ইনকুলেশন বলে।

স্টার্টার প্রস্তুতি : প্রথমে স্যাকারোমাইসিসপম্বে ইত্যাদি উৎকৃষ্ট শ্রেণীর ইস্টের দ্বারা 10 c.c. ম্যাশ ইনকুলেট করিয়া, সন্ধান ক্রিয়ার শেষে এই 10 c.c. ইস্টবাহী দ্রবণ দ্বারা 200c.c. ম্যাশকে ইনকুলেট করা হয়। এইরূপে ধাপে ধাপে 20-25 গুণ আয়তন বৃদ্ধি করিয়া, শেষ পর্যায়ে ম্যাশের আয়তনের প্রায় 5% আয়তনবিশিষ্ট যে ইস্টবাহী দ্রবণ যোগ করা হয় তাহাই স্টার্টার।]

স্টার্চ হইতে অ্যালকোহল : আলু, ভুট্টা, চাল, যব ইত্যাদিতে যে-স্টার্চ থাকে, সেই স্টার্চ হইতেও অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। স্টার্চ $(C_6H_{10}O_5)_n$ হইতে অ্যালকোহল উৎপাদন করিতে হইলে উহাকে প্রথমে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া সরলতর শর্করায় পরিণত করা প্রয়োজন। এই আর্দ্রবিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিড পদ্ধতি অথবা উৎসেচক পদ্ধতির যে-কোন একটি অনুসরণ করা যায়।

অ্যাসিড-আর্দ্রবিশ্লেষণ-পদ্ধতিতে 0·2% হাইড্রোক্লোরিক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে স্টার্চকে 135°C তাপমাত্রায় আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া গ্লুকোজে পরিণত করা হয় ;

$$\underset{\text{স্টার্চ}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \rightarrow \underset{\text{গ্লুকোজ}}{nC_6H_{12}O_6}$$

উৎসেচক-আর্দ্রবিশ্লেষণ-পদ্ধতিতে উৎসেচকের উৎস হিসাবে মল্ট (Malt) বা মোল্ড (Mold) ব্যবহৃত হয়। অঙ্কুরিত যব মল্ট নামে পরিচিত। ইহার মধ্যে ডায়াস্টেজ (Dlastase) নামক যে-উৎসেচক থাকে তাহা স্টার্চকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া মল্টোজ শর্করায় $(C_{12}H_{22}O_{11})$ পরিণত করে।

বাস্তব পদ্ধতিতে বিচূর্ণিত শস্যদানাকে (চাল, যব বা ভুট্টা) কয়েক ঘণ্টা জলে ভিজাইয়া রাখিবার পর, প্রায় দ্বিগুণ পরিমাণ জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপযুক্ত স্টীমের সাহায্যে 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় (আলু ব্যবহৃত হইলে অতিরিক্ত জল যোগ করিবার প্রয়োজন হয় না)। উৎপন্ন স্টার্চের পেস্টে 60°-65°C তাপমাত্রায় মল্ট যোগ করিলে প্রায় 20 মিনিটের মধ্যে সমগ্র স্টার্চ আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া মল্টোজে পরিণত হয়। অতঃপর উহার মধ্যে প্রয়োজনীয় পরিমাণ জল যোগ করিবার পর ফুটাইয়া ম্যাশে পরিণত করা হয়। ম্যাশের মধ্যে

ইস্টের বংশবৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় খাদ্যহিসাবে অ্যামোনিয়াম ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেন্ট ইত্যাদি এবং উহাকে সামান্য আম্লিক করিবার জন্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিবার পর, উহার 5% আয়তনের নির্বাচিত ইস্টবাহী স্টার্টার মিশ্রিত করা হয়। 20°-30°C তাপমাত্রায় কয়েক দিনের মধ্যে সন্ধান ক্রিয়া সমাপ্ত হয় এবং 7-10% অ্যালকোহলযুক্ত বিয়ারকে বিয়ার স্টিলে প্রেরণ করিয়া আংশিক পাতনের সাহায্যে 95·5% অ্যালকোহলে বা রেকটিফায়েড স্পিরিটে পরিণত করা হয়।

$$\text{বিক্রিয়া : } \underset{\text{স্টার্চ}}{2(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow[60°C]{\text{ডায়াস্টেজ}} \underset{\text{মল্টোজ}}{nC_{12}H_{22}O_{11}}$$

মল্টোজ ইস্টের মধ্যে উপস্থিত মল্টেজ নামক উৎসেচকের সাহায্যে প্রথমে দুই অণু গ্লুকোজে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় এবং পরবর্তী পর্যায়ে উৎপন্ন গ্লুকোজ ইস্টে উপস্থিত অপর এক উৎসেচক জাইমেজের সাহায্যে ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$$\underset{\text{মল্টোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{মল্টেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

নির্জল, বিশুদ্ধ বা অ্যাবসলিউট অ্যালকোহল (Absolute alcohol) প্রস্তুতি : সন্ধান ক্রিয়ায় উৎপন্ন লঘু (7-10%) অ্যালকোহল দ্রবণ বা বিয়ারকে আংশিক পাতন করিলে 95·5% বিশুদ্ধ অ্যালকোহল বা রেকটিফায়েড স্পিরিট পাওয়া যায়। পাতনকালে উপজাত সামগ্রী হিসাবে একটি কম উদ্বায়ী ফিউজেল অয়েল (Fusel oil—উচ্চতর অ্যালকোহল, যেমন নর্মাল প্রোপাইল, আইসো প্রোপাইল, আইসো বিউটাইল, আইসো অ্যামাইল ইত্যাদি অ্যালকোহলের মিশ্রণ) অংশ, একটি সাক্সিনিক অ্যাসিড, গ্লিসারল ইত্যাদি যুক্ত অনুদ্বায়ী অংশ এবং একটি প্রধানত অ্যাসিট্যালডিহাইডযুক্ত অধিকতর উদ্বায়ী অংশও উৎপন্ন হয়।

কিন্তু আংশিক পাতনের সাহায্যে অ্যালকোহলকে 95·5% অপেক্ষা অধিক গাঢ় করা যায় না। ইহার কারণ 95·5% অ্যালকোহল এবং 4·5% জলের মিশ্রণ এমন একটি নিম্নতম স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট সমসত্ত্ব মিশ্রণ গঠন করে যাহার স্ফুটনাঙ্ক (78·13°C) বিশুদ্ধ জলের স্ফুটনাঙ্ক (100°C) এবং বিশুদ্ধ অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক (78·5°C) উভয় অপেক্ষাই কম এবং তাপনকালে প্রথমেই ঐ নির্দিষ্ট সংযুতির মিশ্রণটি বাষ্পীভূত হয়।

পরীক্ষাগারে রেক্টিফায়েড স্পিরিটকে নিরুদিত করিয়া নির্জল অ্যালকোহলে পরিণত করিবার জন্য পোড়াচুনের (Quicklime) উপর পাতিত করা হয়। পোড়াচুন জলের সহিত যুক্ত হইয়া কোটানো চুনে (Slaked lime) পরিণত হয়। CaO+

$H_2O = Ca(OH)_2$। পরিশেষে উহাকে কয়েক ঘণ্টা ক্যালসিয়াম ধাতুর উপর রাখিবার পর পাতিত করিয়া জলের শেষ চিহ্ন দূর করা হয়।

শিল্পোৎপাদন ক্ষেত্রে রেকটিফায়েড স্পিরিটকে নিরুদিত করিবার জন্য উহাতে বেঞ্জিন (স্ফুটনাঙ্ক 80·1°C) যোগ করিয়া পাতিত করা হয়। প্রথমে 64·9°C তাপমাত্রায় বেঞ্জিন, অ্যালকোহল ও জলের এক নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণ বাষ্পীভূত হয় এবং ইহার সহিত সমগ্র জল বাহির হইয়া যায়। ইহার পর 68·2°C তাপমাত্রায় অবশিষ্ট বেঞ্জিন ও অ্যালকোহলের এক নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণ বাষ্পীভূত হয় ও প্রায় বিশুদ্ধ বা নির্জল অ্যালকোহল (স্ফুটনাঙ্ক 78·5°C) পড়িয়া থাকে। পরিশেষে অ্যালকোহল হইতে জলের সামান্যতম অংশকেও দূরীভূত করিবার জন্য উহাকে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সংস্পর্শে কয়েকঘণ্টা রাখিবার পর পাতিত করা হয়।

(2) **ইথিলিন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল**: ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে ইথিলিনকে প্রথমে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে 100°C তাপমাত্রায় শোষিত করিয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত করা হয় (সঙ্গে সঙ্গে কিছু ডাই-ইথাইল সালফেটও উৎপন্ন হয়)।

$CH_2=CH_2+H_2SO_4 \longrightarrow C_2H_5.H.SO_4$ (ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট)

$C_2H_5.H.SO_4+CH_2=CH_2 \longrightarrow (C_2H_5)_2SO_4$ (ডাইইথাইল সালফেট)

বিক্রিয়াজাত পদার্থকে তুল্যাঙ্ক পরিমাণ উষ্ণ জল যোগ করিয়া পাতিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প নির্গত হয়। অবশ্য একই সঙ্গে কিছু ডাইইথাইল ইথারও উৎপন্ন হয়। $C_2H_5HSO_4+H_2O \longrightarrow C_2H_5OH+H_2SO$

$$(C_2H_5)_2\ SO_4+2H_2O \longrightarrow 2C_2H_5OH+H_2SO_4$$

$$(C_2H_5)_2SO_4+C_2H_5OH \longrightarrow \underset{\text{ডাইইথাইল ইথার}}{C_2H_5OC_2H_5}+C_2H_5HSO_4$$

(3) **অ্যাসিট্যালডিহাইড হইতে ইথানল**: অ্যাসিটিলিন হইতে উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড বাষ্পকে (অ্যাসিটিলিন দ্রষ্টব্য) হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া 100°-130°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলেও ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়;

$$CH_3CHO\ +H_2 \xrightarrow[100°\text{-}130°C]{Ni} CH_3CH_2OH$$

(4) অ্যালকোহল প্রস্তুতির অন্যান্য সাধারণ পদ্ধতির সাহায্যেও ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়। যেমন;

(a) এস্টার আর্দ্রবিশ্লেষণ:

$CH_3COOC_2H_5+NaOH \rightarrow CH_3COONa+C_2H_5OH$

$C_2H_5Br+KOH$ (জলীয়) $\rightarrow \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH}+KBr$

(b) গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে :

$$CH_3MgI + \underset{\underset{O}{\|}}{HCH} \rightarrow CH_3-\underset{\underset{OMgI}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-H \xrightarrow{H_2O} CH_3.CH_2OH + MgIOH$$

(c) ইথাইল অ্যামিন হইতে :

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যামিন}}{CH_3CH_2NH_2} + \underset{\text{নাইট্রাস অ্যাসিড}}{OHNO} \longrightarrow CH_3CH_2OH + N_2 + H_2O$$

(d) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সরাসরি বিজারণে :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + 4[H] \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3CH_2OH + H_2O$$

ডিনেচার্ড অ্যালকোহল (Denatured alcohol)/মিথিলেটেড স্পিরিট : সুরা বা মদের প্রধান উপাদান ইথাইল অ্যালকোহল এবং অধিকাংশ দেশেই এইরূপ মাদক পানীয়ের উপর বর্ধিত হারে ধার্য আবগারি শুল্ক সরকারী আয়ের একটি উৎস। শিল্পে দ্রাবক হিসাবে ও অন্যান্য প্রয়োজনেও অ্যালকোহলের বিপুল চাহিদা আছে। যাহাতে শিল্পে ব্যবহার্য সুলভমূল্যের অ্যালকোহলকে বেআইনীভাবে মাদক পানীয়ে পরিণত করা না যায়, সেজন্য দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার্য ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত বেঞ্জিন, মিথাইল অ্যালকোহল, বোন অয়েল, পিরিডিন ইত্যাদি বিভিন্ন বিষাক্ত ও দুর্গন্ধযুক্ত অশুদ্ধি যোগ করিয়া উহাকে পানের অযোগ্য বা ডিনেচার্ড (Denatured) করা হয়। এইরূপ পানের অযোগ্য বা 'ডিনেচার্ড অ্যালকোহল বা স্পিরিট'কে চিহ্নিত করিবার জন্য অনেক সময় উহার মধ্যে অল্প পরিমাণ রঞ্জক পদার্থ দ্রবীভূত করিয়া দেওয়া হয়।

রেক্টিফায়েড স্পিরিটকে (95·5% অ্যালকোহল) মিথাইল অ্যালকোহল যোগ করিয়া ডিনেচার্ড করিলে, ঐরূপ ডিনেচার্ড অ্যালকোহলকে মিথিলেটেড স্পিরিট (Methylated spirit) বলে। সাধারণত মিথিলেটেড স্পিরিটে 10% মিথাইল অ্যালকোহল (উড স্পিরিট), 0·5% পিরিডিন বা মিনারাল ন্যাপথা থাকে।

6.9 ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : ইথাইল অ্যালকোহল বর্ণহীন, উদ্বায়ী, প্রশম, মিষ্টগন্ধযুক্ত এবং ঝাঁঝালো স্বাদযুক্ত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 78·5°C, আপেক্ষিক গুরুত্ব 20°C তাপমাত্রায় 0·789। তাপমোচন ও আয়তন সঙ্কোচনের সহিত ইহা জলে সর্ব অনুপাতে মিশ্রিত হয়। গলনাঙ্ক 114°C বলিয়া ইহাকে নিম্নতাপমাত্রা মাপিবার তাপমান-যন্ত্রে ব্যবহার করা হয়। ইহা অত্যন্ত উদগ্রাহী। অল্পমাত্রায় পান করিলে ইথাইল অ্যালকোহল উত্তেজনা সৃষ্টি করে কিন্তু অধিক মাত্রায় চেতনা লোপ ঘটায়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) **দহন ঃ** ইথাইল অ্যালকোহল দাহ্য। বায়ুতে নীলশিখাসহ জ্বলিয়া ইহা কার্বন ডাই অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে ;

$$C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

(2) **জারণ ঃ** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট মিশ্রণ অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ক্ষারীয় দ্রবণ দ্বারা জারিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয় ;

$$CH_3CH_2OH + [O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + H_2O$$

বিক্রিয়া দীর্ঘস্থায়ী হইলে অ্যাসিট্যালডিহাইড আরো জারিত হইয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় ; $CH_3CHO + [O] \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$

ইথানল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ 250°-300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত করিলে ইথানল অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয় ;

$$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[250^\circ\text{-}300^\circ C]{Cu} 2CH_3CHO + 2H_2O$$

কিন্তু ঐ মিশ্রণকে উত্তপ্ত প্লাটিনাইজড অ্যাসবেস্টসের উপর দিয়া চালিত করিলে জারণ ক্রিয়া আরো অগ্রসর হইয়া ইথানলকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করে ;

$$CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Pt} CH_3COOH + H_2O$$

ইথানলের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে প্রথমে অ্যাসিট্যালডিহাইড গঠিত হয়। কিন্তু অতিরিক্ত ক্লোরিনের চালনায় অ্যাসিট্যালডিহাইড ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ক্লোরালে পরিণত হয় ;

$$CH_3CH_2OH + Cl_2 \rightarrow CH_3CHO + 2HCl$$

$$CH_3CHO + 3Cl_2 \rightarrow 3HCl + CCl_3CHO \text{ (ক্লোরাল)}$$

(3) **ক্ষার ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতু ইথানলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া ইথাইলেট বা ইথক্সাইড উৎপন্ন করে ;

$$2K + 2C_2H_5OH \longrightarrow H_2 + 2C_2H_5OK \text{ (পটাসিয়াম ইথাইলেট)}$$

(4) **ইথাইল হ্যালাইড গঠন ঃ** ইথাইল অ্যালকোহল ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড বা ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল ক্লোরাইডে, ব্রোমিন ও লাল ফসফরাসের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল ব্রোমাইডে এবং আয়োডিন ও লাল ফসফরাসের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল আয়োডাইডে পরিণত হয় ;

$$C_2H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl ;$$

$$3C_2H_5OH + PCl_3 \longrightarrow H_3PO_3 + \underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{3C_2H_5Cl}$$

$$2P + 3Br_2 \rightarrow 2PBr_3 ; \quad 3C_2H_5OH + PBr_3 \rightarrow H_3PO_3 + 3C_2H_5Br$$
ইথাইল ব্রোমাইড

$$2P + 3I_2 \rightarrow 2PI_3 ; \; 3C_2H_5OH + PI_3 \rightarrow H_3PO_3 + 3C_2H_5I$$
ইথাইল আয়োডাইড

(5) **এস্টার গঠন :** ইথানল জৈব বা অজৈব অ্যাসিডের সহিত উভমুখী বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট অ্যাসিডের ইথাইল এস্টার গঠন করে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড ইত্যাদি নিরুদকের উপস্থিতিতে এস্টার গঠন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়। জৈব অ্যাসিডের এস্টার প্রস্তুতির সময় বিক্রিয়ার গতি দ্রুত করিবার জন্য অনুঘটক হিসাবে অজৈব অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

$$C_2H_5OH + HCl + ZnCl_2 \rightleftharpoons C_2H_5Cl + [H_2O + ZnCl_2]$$
$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightleftharpoons C_2H_5.HSO_4 + H_2O$$
$$C_2H_5OH + CH_3COOH \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

(6) **নিরুদন :** অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ইথানলকে 165°-170°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন উৎপন্ন হয় কিন্তু 140°C তাপমাত্রায় অল্প পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ইথানলকে নিরুদিত করিয়া প্রধানত ডাই-ইথাইল ইথারে পরিণত করে।

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5.HSO_4 + H_2O$$
$$C_2H_5.HSO_4 \xrightarrow{165°C} C_2H_4 + H_2SO_4$$
ইথিলিন

$$C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH \xrightarrow{140°C} C_2H_5OC_2H_5 + H_2SO_4$$
ডাই-ইথাইল ইথার

ইথানল বাষ্পকে 360°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনা অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে উহা নিরুদিত হইয়া ইথিলিন উৎপন্ন করে, কিন্তু নিম্নতর তাপমাত্রায় (250°C) একই অনুঘটকের উপস্থিতিতে নিরুদনের ফলে ডাই-ইথাইল ইথার পাওয়া পাওয়া যায় ;

$$C_2H_5OH \xrightarrow[360°C]{Al_2O_3} C_2H_4 + H_2O ;$$

$$2C_2H_5OH \xrightarrow[250°C]{Al_2O_3} C_2H_5—O—C_2H_5 + H_2O$$

(7) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া :** ব্লিচিং পাউডার, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট বা ক্লোরিন ও তীব্র ক্ষার ইথাইল অ্যালকোহলকে ক্লোরোফর্মে পরিণত করে। বিক্রিয়াটির তিনটি পর্যায়

(a) জারণ : $CH_3CH_2OH + NaOCl \rightarrow CH_3CHO + NaCl + H_2O$
অ্যাসিট্যালডিহাইড

(b) প্রতিস্থাপন : $CH_3CHO + 3NaOCl \rightarrow CCl_3CHO + 3NaOH$
ক্লোরাল

(c) আর্দ্রবিশ্লেষণ : $CCl_3CHO + NaOH \rightarrow CHCl_3 + HCOONa$
ক্লোরোফর্ম সোডিয়াম ফর্মেট

ব্রোমিন ও কস্টিক সোডা বা আয়োডিন ও কস্টিক সোডা মিশ্রণ অনুরূপভাবে ইথানলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে ব্রোমোফর্ম ও আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। কিন্তু তীব্র ক্ষারের পরিবর্তে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ব্যবহৃত হইল বিক্রিয়া হয় না (অ্যাসিটোন হইতে পার্থক্য)।

(a) জারণ : $CH_3CH_2OH + X_2 \rightarrow CH_3CHO + 2HX$

(b) প্রতিস্থাপন : $CH_3CHO + 3X_2 \rightarrow CX_3CHO + 3HX$

(c) আর্দ্রবিশ্লেষণ : $CX_3CHO + NaOH \rightarrow HCOONa + CHX_3$
যেখানে X=Cl, Br বা I হ্যালোফর্ম

(8) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ইথানলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে ;

$$C_2H_5OH + CH_3COCl \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$$
অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ইথাইল অ্যাসিটেট

$$C_2H_5OH + (CH_3CO)_2O \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

(9) ইথানল গ্রিগনার্ড বিকারকের অ্যালকিল মূলককে হাইড্রোকার্বনে পরিণত করে ;

$$CH_3MgI + C_2H_5OH \longrightarrow CH_4 + Mg(OC_2H_5)I$$

6.10 ইথাইল অ্যালকোহলের ব্যবহার

(1) ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম, ইথার, অ্যাসিট্যালডিহাইড ইত্যাদি বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুতিতে ; (2) বিয়ার, জিন, ব্রাণ্ডি, হুইস্কি, ইত্যাদি বিভিন্ন অ্যালকোহলযুক্ত পানীয় ও টনিক ঔষধ প্রস্তুতিতে ; (3) ডিনেচার্ড অ্যালকোহল, মিথিলেটেড স্পিরিট এবং ভার্নিসের দ্রাবক প্রস্তুতিতে ; (4) সুগন্ধি, রঞ্জকপদার্থ, প্লাস্টিক ও কৃত্রিম তন্তু প্রস্তুতিতে ; (5) ইথার, টলুইন, বেঞ্জিন ইত্যাদির সহিত মিশ্রিত করিয়া পেট্রোলের বিকল্প জ্বালানী হিসাবে ; জীবাণুনাশক হিসাবে এবং আরো বহু কার্যে ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়।

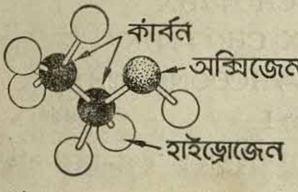
6.11 মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের পার্থক্য

(1) ইথাইল অ্যালকোহলকে আয়োডিন ও লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত উষ্ণ করিলে, বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদবর্ণ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। কিন্তু মিথাইল অ্যালকোহল আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না।

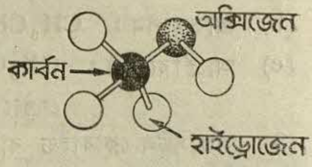
(2) মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলকে পৃথক পৃথক ভাবে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট সহ উত্তপ্ত করিলে উহারা জারিত হইয়া শেষপর্যন্ত যথাক্রমে ফর্মিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

ফর্মিক অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম আছে এবং ইহা অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করিয়া কালো সিলভার চূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত করে। কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিড ঐরূপ বিজারণ ধর্ম প্রদর্শন করে না।

(3) শুষ্ক মিথাইল অ্যালকোহলকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে অয়েল অব উইণ্টারগ্রীনের (Oil of Wintergreen) বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত মিথাইল স্যালিসাইলেট উৎপন্ন হয় কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহল অনুরূপ বিক্রিয়ায় যে ইথাইল স্যালিসাইলেট গঠন করে তাহার ঐরূপ বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধ নাই।



ইথাইল অ্যালকোহলের স্থানিক বিন্যাস



মিথাইল অ্যালকোহলের স্থানিক বিন্যাস

6.12 মিথাইল অ্যালকোহলের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) মিথাইল অ্যালকোহল ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের ন্যায় KOH ও I_2 দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্মের হলুদবর্ণ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে না।

(2) অল্প স্যালিসিলিক অ্যাসিড কেলাস এবং কয়েক ফোঁটা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে, অয়েল অব উইণ্টারগ্রীণের বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত মিথাইল স্যালিসিলেট উৎপন্ন হয়।

(3) একখণ্ড কপার তারজালিকে লোহিততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিবার পর টেস্ট টিউবে মিথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে ডুবাইলে, মিথাইল অ্যালকোহল জারিত হইয়া ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত ফর্ম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে এবং কপার তারজালির বহিস্তল বিজারণের জন্য উজ্জ্বল লালবর্ণ হইয়া উঠে। এই উপায়ে মিথাইল অ্যালকোহলকে কয়েকবার উত্তপ্ত কপার তারজালি ডুবাইয়া জারিত করিবার পর, উহাতে অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে, সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

(4) মিথাইল অ্যালকোহলকে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

6.13 ইথাইল অ্যালকোহল সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) ইথাইল অ্যালকোহলকে আয়োডিন ও কস্টিক পটাস বা কস্টিক সোডা দ্রবণ সহ উষ্ণ করিয়া শীতল করিলে বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত হলুদবর্ণ আয়োডোফর্মের অধঃ-

ক্ষেপ উৎপন্ন হয়। কিন্তু কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাসের বদলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ব্যবহৃত হইলে এই বিক্রিয়া হয় না (অ্যাসিটোনের সহিত প্রভেদ)।

(2) ইথাইল অ্যালকোহলকে বারংবার লোহিততপ্ত কপার তারজালি ডুবাইয়া জারিত করিলে অথবা $K_2Cr_2O_7$ ও নাতিগাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া পাতিত করিলে, অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় যাহা অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে এবং শিফ বিকারককে (Schiff's reagent) লাল করে।

(3) ইথাইল অ্যালকোহলকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড অথবা অনার্দ্র অ্যাসিটেট-লবণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে মিষ্টফলের গন্ধযুক্ত ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়।

(4) ইথাইল অ্যালকোহলকে স্যালিসিলিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে, যে ইথাইল স্যালিসিলেট এস্টার উৎপন্ন হয়, তাহার গন্ধ অয়েল অব উইন্টারগ্রীনের বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধের (আয়োডেক্সের গন্ধের) মত নয়।

6.14 জৈব যৌগের রূপান্তর

(1) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথিলিন এবং বিপরীত রূপান্তর

A. $$C_2H_5OH \xrightarrow[165^\circ C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_2H_4$$
ইথাইল অ্যালকোহল → ইথিলিন

B. $$C_2H_4 \xrightarrow[100^\circ C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_2H_5HSO_4 \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{H_2O, \Delta} C_2H_5OH$$
ইথিলিন → ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট → ইথাইল অ্যালকোহল

(2) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথেন এবং বিপরীত রূপান্তর

A. $$CH_3OH \xrightarrow{P+I_2} CH_3I \xrightarrow[{[H]}]{Zn/Cu+C_2H_5OH} CH_4$$
মিথাইল অ্যালকোহল → মিথাইল আয়োডাইড → মিথেন

B. $$CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } KOH \text{ দ্রবণ}} CH_3OH$$
মিথেন → মিথাইল ক্লোরাইড → মিথাইল অ্যালকোহল

(3) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথাইল ক্লোরাইড এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $$C_2H_5OH \xrightarrow{PCl_5} C_2H_5Cl$$
ইথাইল অ্যালকোহল → ইথাইল ক্লোরাইড

B. $$C_2H_5Cl \xrightarrow{\text{লঘু } NaOH \text{ দ্রবণ}} C_2H_5OH$$
ইথাইল ক্লোরাইড → ইথাইল অ্যালকোহল

(4) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও বিপরীত রূপান্তর :

A. $CH_3OH \xrightarrow{P+I_2} CH_3I \xrightarrow{KCN} CH_3CN \xrightarrow[\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}]{H_2O} CH_3COOH$

মিথাইল অ্যালকোহল → মিথাইল আয়োডাইড → মিথাইল সায়ানাইড → অ্যাসিটিক অ্যাসিড

B. $CH_3COOH \xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড → সোডিয়াম অ্যাসিটেট → মিথেন

(5) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথাইল অ্যালকোহল এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $CH_3OH \xrightarrow{P+I_2} CH_3I \xrightarrow[\text{ভুর্ৎসবিক্রিয়া}]{Na} C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2}$

মিথাইল অ্যালকোহল → মিথাইল আয়োডাইড → ইথেন

$C_2H_5Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH \text{ দ্রবণ}} C_2H_5OH$

ইথাইল ক্লোরাইড → ইথাইল অ্যালকোহল

B. $C_2H_5OH \xrightarrow[\text{জারণ}]{[O]} CH_3COOH \xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3COONa$

ইথাইল অ্যালকোহল → অ্যাসিটিক অ্যাসিড → সোডিয়াম অ্যাসিটেট

$\xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } KOH \text{ দ্রবণ}} CH_3OH$

মিথেন → মিথাইল ক্লোরাইড → মিথাইল অ্যালকোহল

(6) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথেন এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $C_2H_5OH \xrightarrow{[O]} CH_3COOH \xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4$

ইথাইল অ্যালকোহল → অ্যাসিটিক অ্যাসিড → সোডিয়াম অ্যাসিটেট → মিথেন

B. $CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow{KCN} CH_3CN \xrightarrow[{[H]}]{Na/Hg+H_2O}$

মিথেন → মিথাইল ক্লোরাইড → মিথাইল সায়ানাইড

$CH_3CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} C_2H_5OH$

ইথাইল অ্যামিন → ইথাইল অ্যালকোহল

(7) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $C_2H_5OH \xrightarrow{P+I_2} C_2H_5I \xrightarrow{KCN} C_2H_5CN \xrightarrow[{[H]}]{Na+\text{অ্যালকোহল}}$

ইথাইল অ্যালকোহল → ইথাইল আয়োডাইড → ইথাইল সায়ানাইড

$CH_3CH_2CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} CH_3CH_2CH_2OH$

নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যামিন → নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল

B. $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH=CH_2 \xrightarrow{O_3} CH_3\overset{\overset{O\text{———}O}{|\qquad\quad |}}{CH-O-CH_2}$

নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল — প্রোপিলিন — প্রোপিলিন ওজোনাইড

$\xrightarrow{\text{Zn ধূলি} + H_2O} CH_3CHO \xrightarrow{Na/Hg + H_2O} CH_3CH_2OH$

অ্যাসিট্যালডিহাইড — ইথাইল অ্যালকোহল

(8) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $C_2H_5OH \xrightarrow{P+I_2} C_2H_5I \xrightarrow{KCN} C_2H_5CN \xrightarrow{Na/Hg+H_2O} CH_3CH_2CH_2NH_2$

ইথাইল অ্যালকোহল — ইথাইল আয়োডাইড — ইথাইল সায়ানাইড — নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যামিন

$\xrightarrow{HNO_2} CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[\triangle]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH=CH_2 \xrightarrow{HI}$

নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যালকোহল — প্রোপিলিন

$CH_3CHI\,CH_3 \xrightarrow[\triangle]{\text{লঘু } NaOH} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$

আইসো প্রোপাইল আয়োডাইড — আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল

B $CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow[\triangle]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH=CH_2 \xrightarrow{O_3} CH_3\overset{\overset{O\text{———}O}{|\qquad\quad |}}{CH-O-CH_2}$

আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল — প্রোপিলিন — প্রোপালিন ওজোনাইড

$\xrightarrow{\text{Zn ধূলি} + H_2O} CH_3CHO \xrightarrow{Na/Hg + H_2O} CH_3CH_2OH$

অ্যাসিট্যালডিহাইড — ইথাইল অ্যালকোহল

(9) বিউটান-1-অল হইতে বিউটান-2 অল এবং বিপরীত রূপান্তর :

A. $CH_3CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow[\triangle]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH_2CH=CH_2 \xrightarrow{HI}$

বিউটান-1-অল — বিউট-1-ইন

$CH_3CH_2CH.ICH_3 \xrightarrow[\triangle]{NaOH \text{ লঘু}} CH_3CH_2CH(OH)CH_3$

2-আয়োডো বিউটেন — বিউটান-2-অল

B. $CH_3CH_2CH(OH)\text{-}CH_3 \xrightarrow[\triangle]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH_2CH=CH_2$

বিউটান-2-অল — বিউট-1-ইন

$\xrightarrow[\text{পারঅক্সাইড}]{HBr} CH_3CH_2CH_2CH_2Br \xrightarrow[\triangle]{\text{লঘু } NaOH}$

1 ব্রোমোবিউটেন

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

বিউটান-1-অল

বিঃ দ্রঃ এখানে প্রদর্শিত পদ্ধতি ব্যতীতও অধিরোহণের অন্যান্য পদ্ধতি

$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O\xrightarrow{\text{ইস্টের উৎসেচক মল্টেজ}}2C_6H_{12}O_6 \text{ (গ্লুকোজ)}$$

$$C_6H_{12}O_6\xrightarrow{\text{জাইমেজ}}2CO_2+2C_2H_5OH$$

সন্ধান ক্রিয়ায় উৎপন্ন 7-10% অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণকে (বিয়ার) আংশিক পাতন করিলে রেকটিফায়েড স্পিরিট (95·5% ইথানল) পাওয়া যায়। পোড়া চুন যোগ করিয়া জলীয়াংশ দূর করার পর ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সংস্পর্শে কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে বিশুদ্ধ বা অ্যাবসোলিউট অ্যালকোহল পাওয়া যায়। ইহাকে পানের অযোগ্য করার জন্য উডস্পিরিট, পিরিডিন ইত্যাদি যোগ করিলে মিথিলেটেড স্পিরিট উৎপন্ন হয়।

(2) ইথিলিন হইতে : $CH_2=CH_2+\underset{\text{গাঢ়}}{H_2SO_4}\xrightarrow{100°C}C_2H_5HSO_4$

$$C_2H_5HSO_4+H_2O\xrightarrow{\triangle}C_2H_5OH+H_2SO_4$$

(3) $CH_3CHO+H_2\xrightarrow[120°\text{-}130°]{Ni}CH_3CH_2OH$

(4) $CH_3COOC_2H_5+NaOH\longrightarrow CH_3COONa+C_2H_5OH$

(5) $CH_3MgI+H_2C=O\longrightarrow CH_3\text{-}CH_2.OMgI\xrightarrow{H_2O}CH_3CH_2OH+MgIOH$

(6) $C_2H_5NH_2+OHNO\longrightarrow C_2H_5OH+N_2+H_2O$

ধর্ম ঃ ইহা বর্ণহীন প্রশম মিষ্টগন্ধযুক্ত ঝাঁঝালো স্বাদযুক্ত তরল, জলের সহিত সকল অনুপাতে মিশ্রণযোগ্য। ইহা পান করিলে অল্পমাত্রার ক্ষেত্রে উত্তেজনা বৃদ্ধি এবং অধিকমাত্রার ক্ষেত্রে চেতনালোপ ঘটে।

$$C_2H_5OH+3O_2\rightarrow 2CO_2+3H_2O$$

$$CH_3CH_2OH+[O]\xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7}CH_3CHO+H_2O$$

$$2CH_3CH_2OH+O_2\xrightarrow[250°\text{-}300°C]{Cu}2CH_3CHO+2H_2O$$

$$CH_3CH_2OH+O_2\xrightarrow[\triangle]{Pt}CH_3COOH+H_2O$$

$$CH_3CH_2OH\xrightarrow[-2HCl]{Cl_2}CH_3CHO\xrightarrow[-3HCl]{3Cl_2}CCl_3CHO$$

$$2CH_3CH_2OH+2Na\rightarrow 2CH_3CH_2ONa+H_2$$

$$C_2H_5OH+PCl_5\rightarrow C_2H_5Cl+HCl+POCl_3$$

$$6C_2H_5OH+2P+3I_2\rightarrow 2H_3PO_3+6C_2H_5I$$

$$C_2H_5OH+H_2SO_4\rightleftharpoons C_2H_5HSO_4+H_2O$$

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

$$C_2H_5OH + \underset{\text{গাঢ় ও অতিরিক্ত}}{H_2SO_4} \xrightarrow{165°C} C_2H_4 + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$2C_2H_5OH + \underset{\text{গাঢ় অল্প পরিমাণ}}{H_2SO_4} \xrightarrow{140°C} C_2H_5OC_2H_5 + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$C_2H_5OH \xrightarrow[360°C]{Al_2O_3} C_2H_4 + H_2O$$

$$2C_2H_5OH \xrightarrow[250°C]{Al_2O_3} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$$

হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া : (a) $CH_3CH_2OH + X_2 \rightarrow CH_3CHO + 2HX$

(b) $CH_3CHO + 3X_2 \rightarrow CX_3CHO + 3HX$

(c) $CX_3CHO + NaOH \rightarrow CHX_3 + HCOONa$

$C_2H_5OH + CH_3COCl \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$

$CH_3MgI + C_2H_5OH \rightarrow CH_4 + Mg(OC_2H_5)I$

ব্যবহার : ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম, ইথার, অ্যাসিট্যালডিহাইড ; বিয়ার, জিন, ব্রাণ্ডি, হুইস্কি, মিথিলেটেড স্পিরিট, সুগন্ধি, প্লাস্টিক, কৃত্রিম তন্তু ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, জীবাণুনাশক হিসাবে এবং ইথার টলুইন বা বেঞ্জিনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় জ্বালানি হিসাবে ইথানল ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. অ্যালকোহল কাহাকে বলে। অ্যালকোহলগুলিকে কিরূপে শ্রেণীবিভক্ত করা হয়? সম্পৃক্ত মনোহাইড্রিক অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল সমগণীয় শ্রেণীর (অ্যালকানলের) সাধারণ সঙ্কেত কি? অ্যালকানলের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী ও সাধারণ ধর্ম আলোচনা কর।

2. বাণিজ্যিক ভিত্তিক মিথাইল অ্যালকোহলের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ইহাকে কিরূপে বিশুদ্ধ করা হয়? মিথাইল অ্যালকোহলের দুইটি প্রধান রাসায়নিক ধর্ম লিখ। [Tripura, 1980]

3. ইথাইল অ্যালকোহল হইতে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত করা হয়? (a) সোডিয়াম ইথক্সাইড, (b) ইথাইল ক্লোরাইড, (c) ক্লোরোফর্ম, (d) আয়োডোফর্ম। [Tripura, 1980]

4. (a) ফারমেণ্টেশন কাহাকে বলে? শ্বেতসার জাতীয় পদার্থ হইতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতি বর্ণনা কর। [Tripura, 1981]

(b) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অতিরিক্ত ইথাইল অ্যালকোহলের 140° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় কি বিক্রিয়া ঘটে সমীকরণসহ লিখ। [Tripura, '81]

(c) রেক্টিফায়েড স্পিরিট এবং মিথিলেটেড স্পিরিট কি? ইহাদের ব্যবহার গুলি লিখ? (Tripura, 80)

5. ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন কিভাবে করা হয়? ইহার সহিত বিক্রিয়ার ফলে সালফিউরিক অ্যাসিড কিরূপে বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে তাহা আলোচনা কর। ইথাইল অ্যালকোহলের কিছু ব্যবহারের উল্লেখ কর। [H. S., 1981]

6. রেক্টিফায়েড স্পিরিট হইতে নির্জল ইথাইল অ্যালকোহল কি উপায়ে প্রস্তুত করা যায়? একটি করিয়া রাসায়নিক পরীক্ষার সাহায্যে ইথানল ও মিথানলের পার্থক্য নির্ণয় কর (H. S. '78)। ইথাইল অ্যালকোহল অণুতে একটি হাইড্রক্সিল মূলকের উপস্থিতি কিরূপে প্রমাণ করিবে?

7. জারণ ধর্মের বিভিন্নতার সাহায্যে কিরূপে প্রাইমারি, সেকেণ্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহল সনাক্ত করিবে? কি করিয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও মিথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করিবে।

8. কি করিয়া সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে মিথাইল অ্যালকোহল শিল্পোৎপাদন করা যায়? কি উপায়ে ইথিলিন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল শিল্পোৎপাদন করা যায়? মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের দুইটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর।

9. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ: (a) সন্ধান ক্রিয়া (ফার্মেনটেশন) (J. E. '81), (b) রেক্টিফায়েড স্পিরিট, (c) মিথিলেটেড স্পিরিট, (d) নির্জল (অ্যাবসোলিউট) অ্যালকোহল, (e) উড স্পিরিট, (f) নাইস্ট্রম-ব্রাউন বিজারণ।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কি করিয়া প্রস্তুত করিবে?

(a) ইথিলিন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল। (H. S. 1978)

(b) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড। (H. S. 1980)

(c) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথাইল অ্যালকোহল।

(d) মিথেন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল। (J. E. 1981)

(e) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড।

(f) গ্লুকোজ হইতে ইথাইল অ্যালকোহল। (J. E. 1978)

(g) কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন হইতে মিথাইল অ্যালকোহল।

(h) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথিলিন। (H. S. 1979)

(i) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথাইল অ্যালকোহল। (H. S. 1981)

(j) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথেন।

2. সংক্ষেপে নিম্নলিখিত যুগলগুলির পারস্পরিক রূপান্তর দেখাও :

(a) ইথাইল অ্যালকোহল/মিথাইল অ্যালকোহল (b) ইথাইল অ্যালকোহল/ইথিলিন (c) মিথাইল অ্যালকোহল/মিথেন (d) ইথাইল অ্যালকোহল/ইথাইল ক্লোরাইড। (e) মিথাইল অ্যালকোহল/অ্যাসিটিক অ্যাসিড (f) ইথাইল অ্যালকোহল/মিথেন (g) বিউটান-2-অল/ বিউটান-1-অল (h) ইথাইল অ্যালকোহল/আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল।

3. কারণ দেখাও :

(a) ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট (এস্টার) প্রস্তুতিতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। [H. S. '79]

(b) রেক্টিফায়েড স্পিরিট হইতে আংশিক পাতনের সাহায্যে অনার্দ্র ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় না।

(c) ইক্ষুশর্করা হইতে সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিকালে ইস্ট ব্যবহার করা হয়।

(d) শ্বেতসার হইতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিকালে প্রথমে শ্বেতসারে অঙ্কুরিত যবদানা (মল্ট) যোগ করা হয়।

(e) ইথানল শিল্পোৎপাদনের জন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ইথিলিন শোষিত করিবার পর তূল্যাঙ্ক পরিমাণ উষ্ণ জল যোগ করিয়া পাতিত করা হয়।

(f) মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলগুলির স্ফুটনাঙ্ক তুলনীয় অন্যান্য শ্রেণীর জৈব-যৌগ অপেক্ষা উচ্চতর।

(g) বাণিজ্যিক মিথাইল অ্যালকোহলকে অ্যাসিটোনমুক্ত করিবার জন্য গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়।

4. কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বিবৃত কর :

(a) ইথাইল অ্যালকোহলকে অধিক পরিমাণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডসহ 160°-170°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন গ্যাস মিশাইয়া মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। (J.E. 1979)

(b) প্রোপিলিনকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে জলসহ উত্তপ্ত করা হয়।

(c) ইথাইল অ্যালকোহলকে ব্লিচিং পাউডারসহ উত্তপ্ত করা হয়। (J.E. '81)

(d) ইথাইল অ্যালকোহলে আয়োডিন ও কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিয়া উষ্ণ করা হয়।

(e) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যালকোহলকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হয়।

(f) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। (J. E. 1980)

(g) মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণকে উত্তপ্ত কপারের কুণ্ডলীর উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়।

(h) অ্যাসিটোনকে সোডিয়াম পারদ সংকর ও জল সহ উষ্ণ করা হয়।

(i) উচ্চ চাপে উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ প্রবাহিত করা হয়। (H. S. '80)

(j) প্রাকৃতিক গ্যাস ও অক্সিজেন মিশ্রণকে 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালনা করা হয়।

(k) ইথাইল অ্যালকোহলে সোডিয়াম ধাতু নিক্ষেপ করা হয়।

(l) মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

(m) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণকে উত্তপ্ত প্লাটিনাইজড অ্যাসবেসটসের উপর দিয়া চালিত করা হয়।

(n) ইথাইল অ্যালকোহলকে অল্প পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ 140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

4. [A], [B], [C] ইত্যাদি স্থানে উপযুক্ত যৌগের নাম ও সঙ্কেত বসাও :

(i) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} [A] \xrightarrow{Br_2} [B]$ [H. S. '78]

(ii) $C_2H_5OH \xrightarrow{PI_3} [A] \xrightarrow{KCN} [B] \xrightarrow[H^+]{H_2O+} [C]$ [H. S. '80]

(iii) $C_2H_5OH \xrightarrow{P+I_2} [A] \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} [B] \xrightarrow{O_3} [C] \xrightarrow{H_2O+Zn \text{ গুঁড়ি}} [D]$

(iv) $CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} [A] \xrightarrow[\text{পারঅক্সাইড}]{HBr} [B] \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } KOH} [C]$

(v) $[A] \xrightarrow{Na\text{-}Hg/H_2O} C_2H_5OH \xrightarrow{Na} [B]$

(vi) $[A] \xrightarrow{HNO_2} [B] \xrightarrow[165°C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} [C] \xrightarrow{\text{লঘু ক্ষারীয়} KMnO_4} CH_2OH\text{--}CH_2OH$

(vii) $CH_3I \xrightarrow[\text{শুষ্ক ইথার}]{Mg} [A] \xrightarrow{CH_2O} [B] \xrightarrow{H_2O} [C]$

(viii) $[A] \xrightarrow{P+I_2} [B] \xrightarrow[\text{শুষ্ক ইথার}]{Mg} [C] \xrightarrow{CH_3CHO} \begin{matrix} CH_3 & & OMgI \\ & \diagdown\ \diagup & \\ & C & \\ & \diagup\ \diagdown & \\ H & & C_2H_5 \end{matrix} \xrightarrow{H_2O} [D]$

(ix) $[A] \xrightarrow{P+I_2} [B] \xrightarrow{Na} [C] \xrightarrow{Cl_2} [D] \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH} C_2H_5OH$

(x) $[A] \xrightarrow[100°C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} [B] \xrightarrow[\Delta]{H_2O} [C] \xrightarrow[\Delta]{I_2+KOH \text{ দ্রবণ}} CHI_3$

৭

ইথার

ETHERS

ইথার বা অ্যালকক্সি অ্যালকেনে (—O—)-এর সহিত দুইটি অ্যালকিল মূলক সংযুক্ত থাকে। অ্যালকিল মূলক দুইটি অভিন্ন হইলে ইথারটিকে সরল ইথার এবং বিভিন্ন হইলে মিশ্র ইথার বলা হয়।

7.1 সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) **অ্যালকোহলের নিরুদন :** অ্যালকোহলকে নিরুদিত করিবার জন্য অল্প পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে, দুই অণু অ্যালকোহল হইতে এক অণু জল দূরীভূত হইয়া ইথার উৎপন্ন হয় ;

$$2ROH + H_2SO_4 \rightarrow R—O—R + [H_2O + H_2SO_4]$$

দুইটি অ্যালকোহলের মিশ্রণকে অনুরূপভাবে নিরুদিত করিলে, উহারা স্বতন্ত্রভাবে নিরুদিত হইলে যে-সরল ইথারগুলি উৎপন্ন করিত, তাহাদের সহিত একটি মিশ্র ইথারও উৎপন্ন করে ; $2R—OH + H_2SO_4 \rightarrow R—O—R + [H_2O + H_2SO_4]$

$$2R'OH + H_2SO_4 \rightarrow R'—O—R' + [H_2O + H_2SO_4] ;$$

$$ROH + R'OH + H_2SO_4 \rightarrow R—O—R' + [H_2O + H_2SO_4]$$

200°-250°C তাপমাত্রায় অ্যালকোহল বাষ্পকে অ্যালুমিনা (Al_2O_3) বা থোরিয়া (ThO_2) অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলেও ইথার পাওয়া যায় ;

$$2ROH \xrightarrow[250°C]{Al_2O_3} R—O—R + H_2O$$

(2) **উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ :** সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যালকোহলেটের অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সহিত অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইচ্ছামত সরল বা মিশ্র ইথার প্রস্তুত করার পদ্ধতিকে উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ বলে।

$$R—ONa + R'X \rightarrow R—O—R' + NaX$$

$$R—ONa + RX \rightarrow R—O—R + NaX$$

যেখানে R বা R' অ্যালকিল মূলক এবং X—Cl, Br বা I

(3) **অ্যালকিল হ্যালাইড ও সিলভার অক্সাইডের বিক্রিয়া :** অ্যালকিল হ্যালাইডকে শুষ্ক সিলভার অক্সাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইথার উৎপন্ন হয়। দুইটি বিভিন্ন অ্যালকিলমূলকের হ্যালাইড মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করিলে সংশ্লিষ্ট সরল ইথারের সহিত মিশ্র ইথারও পাওয়া যায় ;

$$2RX + Ag_2O \rightarrow 2AgX + R—O—R$$

$$RX + R'X + Ag_2O \rightarrow R—O—R' + 2AgX$$

7.2 ধর্ম

ভৌত ধর্ম : ইথার বর্ণহীন, প্রশম, বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী তরল। অ্যালকোহলের ন্যায় ইহাদের অণু হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে জোটবদ্ধ অবস্থায় অবস্থান করে না। তাই ইহাদের স্ফুটনাঙ্ক সম আণবিক গুরুত্বের অ্যালকোহল অপেক্ষা কম। ইহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব জল অপেক্ষা কম। ইহারা জলে বেশি দ্রবীভূত হয় না কিন্তু অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : রাসায়নিকভাবে ইথার অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয়। ইহা সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতু দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

(1) সমাবয়বী অ্যালকোহল অপেক্ষা অধিকতর উদ্বায়ী বলিয়া ইথার অনেক বেশি সহজে প্রজ্বলিত হয়। সাধারণ ইথার বাষ্প বায়ুর সহিত মিশ্রিত অবস্থায় সামান্য তাপেই বিস্ফোরিত হয়।

$$C_2H_5OC_2H_5+6O_2 \rightarrow 4CO_2+5H_2O$$

সূর্যালোকে বায়ুর উপস্থিতিতে ইথার ধীরে ধীরে বিষাক্ত ও বিস্ফোরক পার-অক্সাইডে পরিণত হয়।

(2) **হ্যালোজেনেশন :** উপযুক্ত অবস্থায় ক্লোরিন বা ব্রোমিন ইথারের হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিয়া ইথারের বিভিন্ন হ্যালোজেনসঞ্জাত যৌগ গঠন করে ;

$CH_3CH_2\text{-}O\text{-}CH_2CH_3+Cl_2 \rightarrow CH_3CHClOCH_2CH_3+HCl$ ইত্যাদি।

(3) সাধারণ তাপমাত্রায় ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড ইথারের সহিত বিক্রিয়া করে না কিন্তু উত্তপ্ত করিলে অ্যালকিল হ্যালাইড গঠিত হয়, কিন্তু সঙ্গে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় না ; $R\text{-}O\text{-}R'+PCl_5 \rightarrow RCl+R'Cl+POCl_3$ অবশ্য ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিয়োজনে সৃষ্ট ক্লোরিন একই সঙ্গে ইথারের বিভিন্ন হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগও গঠন করে।

(4) **আর্দ্র বিশ্লেষণ :** লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে ইথার আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া সংশ্লিষ্ট অ্যালকোহল বা অ্যালকোহলগুলিতে পরিণত হয় ; $R-O-R'+H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} ROH+R'OH$

(5) হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড শীতল অবস্থায় (0°C) ইথারের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল ও অ্যালকিল আয়োডাইড উৎপন্ন করে ;

$R-O-R'+HI \rightarrow ROH+R'I$। মিশ্র ইথারের ক্ষেত্রে আয়োডিন ক্ষুদ্রতর অ্যালকিল মূলকের সহিত যুক্ত হয়।

কিন্তু গাঢ় হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড উষ্ণ অবস্থায় ইথারকে সম্পূর্ণরূপে অ্যালকিল আয়োডাইডে পরিণত করে ;

$$R-O-R'+2HI \rightarrow RI+R'I+H_2O$$

ডাইইথাইল ইথার বা ইথক্সি ইথেন ($C_2H_5OC_2H_5$)

ইথার সমগণীয় সারির মধ্যে সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ ডাইইথাইল ইথার। শুধু ইথার বলিতে ডাইইথাইল ইথারকেই বুঝায়।

7.3 প্রস্তুতি

(1) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী: পরীক্ষাগারে সমায়তন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলকে 140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া ডাইইথাইল ইথার প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি দুইটি ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমে ইথাইল অ্যালকোহল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে, যাহা অতিরিক্ত ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়ায় ডাইইথাইল ইথারে পরিণত হয়;

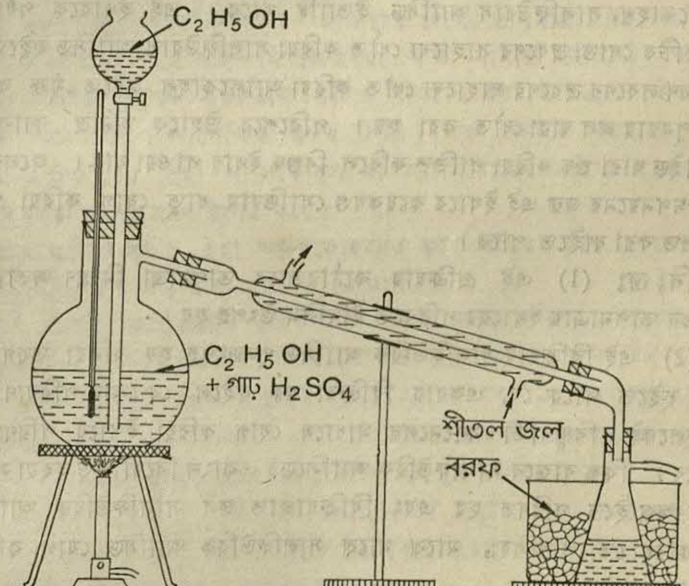
$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \longrightarrow H_2O + C_2H_5HSO_4$$

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

$$C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH \longrightarrow H_2SO_4 + C_2H_5OC_2H_5$$

ডাইইথাইল ইথার

একটি পাতন ফ্লাস্কে ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত সমায়তন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সাবধানে ধীরে ধীরে মিশ্রিত করিবার পর উহার মুখে থার্মোমিটার ও



চিত্র 7.1 পরীক্ষাগারে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুতি

বিন্দুপাতী ফানেল সংযুক্ত কর্ক এমনভাবে আটকানো হয় যাহাতে থার্মোমিটারের

পারদকুণ্ড এবং বিন্দুপাতী ফানেলের শেষপ্রান্ত ফ্লাস্কের তরলে ডুবিয়া থাকে। পাতন ফ্লাস্কের নির্গমনলটি একটি লীবিক শীতকের (Liebig condenser) সহিত এবং শীতকের শেষপ্রান্ত একটি উপযোজকের মাধ্যমে পার্শ্বনলবিশিষ্ট গ্রাহকপাত্রের সহিত সংযুক্ত থাকে। গ্রাহকপাত্রটি হিমমিশ্রণে বসানো থাকে এবং শীতকের ভিতর দিয়া নিরবচ্ছিন্নভাবে হিমশীতল জল চালনা করা হয়। গ্রাহকপাত্রের নির্গমনল দিয়া ইথার বাষ্প বাহির হইয়া যাহাতে আগুনের সংস্পর্শে আসিতে না পারে সেজন্য পার্শ্বনলটির সহিত একটি রবারের নল সংযুক্ত করিয়া উহার শেষপ্রান্তকে সিঙ্কে (sink) রাখা হয়।

পাতনফ্লাস্কে তরলের স্ফুটনের সুবিধার জন্য কয়েক খণ্ড পিউমিক পাথর যোগ করিবার পর উহাকে বালিগাহে বা অ্যাসবেষ্টস বোর্ডে বসাইয়া 140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে ডাইইথাইল ইথার বাষ্প নির্গত হইয়া শীতকে তরলীভূত হয় এবং গ্রাহক পাত্রে আসিয়া সঞ্চিত হইতে থাকে। ইহার বাষ্প নির্গমনের সঙ্গে সঙ্গে বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে পাতনফ্লাস্কের মধ্যে সমহারে ইথাইল অ্যালকোহল যোগ করা হয়। ফলে পাতনফ্লাস্কে তরলের আয়তন প্রায় একইরূপ থাকে এবং প্রক্রিয়াটি অবিরাম অগ্রসর হয়। এইজন্য এই পদ্ধতিকে ইথার প্রস্তুতির অবিরাম পদ্ধতি বলে।

বিশুদ্ধিকরণঃ এইরূপে প্রাপ্ত ইথার সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে। ইহার মধ্যে কিছু অ্যালকোহল, সালফিউরাস অ্যাসিড ইত্যাদি থাকে। এই ইথারকে পর্যায়ক্রমে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের সাহায্যে ধৌত করিয়া সালফিউরাস অ্যাসিড হইতে এবং সাধারণ লবণের দ্রবণের সাহায্যে ধৌত করিয়া অ্যালকোহল হইতে মুক্ত করিবার পর, পুনরায় জল দ্বারা ধৌত করা হয়। পরিশেষে উহাকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শুষ্ক করিয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ইথার পাওয়া যায়। জলের শেষ চিহ্ন অপনয়নের জন্য এই ইথারে কয়েকখণ্ড সোডিয়াম ধাতু যোগ করিয়া পুনরায় পাতিত করা যাইতে পারে।

বিঃ দ্রঃ (1) এই প্রক্রিয়ায় কঠোরভাবে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ অত্যাবশ্যক। উচ্চতর তাপমাত্রায় ইথারের পরিবর্তে ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

(2) এই বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরুৎপন্ন হয় বলিয়া তত্ত্বগতভাবে মনে হইতে পারে যে, একবার বিক্রিয়া শুরু হইলে যে-কোন পরিমাণ অ্যালকোহলকেই বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে যোগ করিয়া ইথারে পরিণত করা যাইবে। কিন্তু বাস্তবে সালফিউরিক অ্যাসিডের একাংশ বিয়োজিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং বিক্রিয়াজাত জল সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু করিয়া তোলে বলিয়া, মাঝে মাঝে সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিবারও প্রয়োজন ঘটে।

(2) **উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ পদ্ধতিঃ** উল্লম্ব শীতক সংযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে সোডিয়াম ইথক্সাইড ও ইথাইল আয়োডাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ

লইয়া কয়েক ঘণ্টা ফুটাইলে (Refluxing) ডাইইথাইল ইথার ও সোডিয়াম আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। অ্যালকোহলীয় দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম আয়োডাইডকে ফিলটার করিয়া আংশিক পতনের সাহায্যে ডাইইথাইল ইথারকে পৃথক করা হয়। $C_2H_5ONa+C_2H_5I \rightarrow C_2H_5—O—C_2H_5+NaI$

(3) 200°-250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনা বা থোরিয়া অনুঘটকের উপর দিয়া ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে চালনা করিলে ডাইইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় ; $2C_2H_5OH \xrightarrow[250°C]{Al_2O_3} C_2H_5OC_2H_5+H_2O$

এক্ষেত্রে তাপমাত্রার উপর নিয়ন্ত্রণ অত্যাবশ্যক। তাপমাত্রা 360°C-এর বেশি হইলে একই অনুঘটক ইথাইল অ্যালকোহলকে আরো বেশি নিরুদিত করিয়া ইথিলিনে পরিণত করে।

(4) ইথাইল আয়োডাইডকে সম্পূর্ণ শুষ্ক সিলভার অক্সাইড চূর্ণের সহিত উষ্ণ করিলেও ডাইইথাইল ইথার উৎপন্ন হয়,

$$2C_2H_5I+Ag_2O \rightarrow C_2H_5—O—C_2H_5+2AgI$$

কিন্তু সিলভার অক্সাইড আর্দ্র হইলে ইথারের পরিবর্তে অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

7.4 ধর্ম

ডাইইথাইল ইথার বর্ণহীন, প্রশম, জ্বালাসৃষ্টিকারী স্বাদ ও বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল (স্ফুটনাঙ্ক 34·5°C)। আমাদের দেশের তাপমাত্রায় ইহা অতি দ্রুত বাষ্পীভূত হয় এবং বায়ুর সহিত মিশ্রিত হইয়া অতি সামান্য উত্তাপেই বিস্ফোরণ ঘটায়। সেজন্য ইহাকে সতর্কতার সহিত ব্যবহার করা উচিত। ইথার জল অপেক্ষা অনেক লঘু (আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·72) এবং উহাতে স্বল্পমাত্রায় দ্রাব্য (20°C-এ 6·6%)। ইহা অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সহিত সর্বঅনুপাতে মিশ্রিত হইয়া সমসত্ত্ব দ্রবণ উৎপন্ন করে।

রাসায়নিক ধর্ম : ইহা অ্যালকোহলের ন্যায় সক্রিয় নহে ; সোডিয়াম পটাসিয়াম ইত্যাদি ধাতু দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

(1) সাধারণ তাপমাত্রায় ডাইইথাইল ইথার ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড দ্বারা আক্রান্ত হয় না, কিন্তু উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। তবে বিক্রিয়ার ফলে অ্যালকোহলের সহিত ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়াকালে যেরূপ ঘটে সেইরূপ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় না। কারণ ইহার মধ্যে অ্যালকোহলের ন্যায় সক্রিয় হাইড্রক্সিল মূলক নাই ;

$C_2H_5—O—C_2H_5+PCl_5 \rightarrow POCl_3+2C_2H_5Cl$ (ইথাইল ক্লোরাইড)

একই সঙ্গে ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন ক্লোরিন ইথারের বিভিন্ন ক্লোরিনসঞ্জাত যৌগও গঠন করে।

(2) অন্ধকারে সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন এবং ব্রোমিন ডাইইথাইল ইথারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল মূলক হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে ;

$$CH_3CH_2OCH_2CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3CHCl{-}O{-}CH_2{-}CH_3 + HCl$$
$$CH_3CHClOCH_2CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3CHCl{-}O{-}CHClCH_3 + HCl$$

(3) গাঢ় হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড (আ. গু. 1·7) ডাইইথাইল ইথারকে উত্তপ্ত অবস্থায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত করিয়া ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে ;

$$C_2H_5OC_2H_5 + 2HI \rightarrow 2C_2H_5I + H_2O$$

কিন্তু 0°C তাপমাত্রায় ডাইইথাইল ইথারকে হাইড্রোজেন আয়োডাইড দ্বারা সম্পৃক্ত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয় ;

$$C_2H_5OC_2H_5 + HI \rightarrow C_2H_5OH + C_2H_5I$$

(4) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অধিক চাপে উত্তপ্ত করিলে ডাই-ইথাইল ইথার আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ;

$$C_2H_5OC_2H_5 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} 2C_2H_5OH$$

কিন্তু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ডাইইথাইল ইথার ইথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইলহাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত হয় ;

$$C_2H_5OC_2H_5 + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5OH + C_2H_5HSO_4$$

(5) বায়ু ও সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ডাইইথাইল ইথার ধীরে ধীরে বিস্ফোরক ও অত্যন্ত বিষাক্ত পারঅক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CH_3{-}CH_2{-}O{-}C_2H_5 \xrightarrow[\text{আলোক}]{O_2} CH_3{-}\underset{\displaystyle OOH}{\underset{|}{CH}}{-}OC_2H_5$$

ইথার হাইড্রোপারঅক্সাইড

$$n\ CH_3{-}\underset{\displaystyle OOH}{\underset{|}{CH}}{-}O{-}C_2H_5 \rightarrow nC_2H_5OH + \left[\begin{array}{c} CH_3{-}CH{-} \\ | \\ O{-}O{-} \end{array}\right]_n$$

ইথার পারঅক্সাইড

ওজোনের ক্রিয়ার ফলেও একইপ্রকার পারঅক্সাইড গঠিত হয়। সেইজন্য চেতনা-নাশক হিসাবে ক্লোরোফর্মের সহিত ব্যবহার করিবার পূর্বে ইথারকে ফেরাস সাল-ফেট দ্রবণের সহিত ঝাঁকাইয়া (পারঅক্সাইডকে বিজারিত করিবার জন্য) পাতিত করা উচিত। পারঅক্সাইড উৎপত্তি নিবারণের জন্য ইথারকে রঙ্গীন বোতলে এবং অনেক সময়ে সামান্য অ্যালকোহল মিশাইয়া সংরক্ষণ করা হয়। অ্যালকোহল নিজে জারিত হইয়া ইথারের জারণ নিবারণ করে।

(6) তীব্র অজৈব অ্যাসিডের সহিত সাধারণ তাপমাত্রায় মিশ্রিত করিয়া ঝাঁকাইলে ডাইইথাইল ইথার অক্সোনিয়াম যৌগ নামে পরিচিত সুস্থিত লবণ উৎপন্ন করে ; $(C_2H_5)_2O + HCl \rightarrow [(C_2H_5)_2OH]Cl$

অক্সোনিয়াম যৌগ

$$[(C_2H_5)_2OH]\,Cl \rightleftharpoons [(C_2H_5)_2OH]^+ + Cl^-$$

তবে বদ্ধ নলের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ডাইইথাইল ইথারকে ভাঙ্গিয়া ইথাইল ক্লোরাইডে পরিণত করে ;

$$C_2H_5OC_2H_5 + 2HCl \rightarrow 2C_2H_5Cl + H_2O$$

7.5 ব্যবহার

(1) ইথারকে বিভিন্ন রেজিন, উদ্ভিজ্জ তৈল, অ্যালকালয়েড, সেলুলোজ এস্টার ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। (2) পরীক্ষাগারে জলীয় দ্রবণ হইতে জৈব অংশ নিষ্কাশিত করার জন্য ইহাকে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। (3) অ্যালকোহল ও ইথারের মিশ্রণকে (ন্যাটালাইট) পেট্রোলের বিকল্প হিসাবে মোটর ইঞ্জিনের জ্বালানীরূপে ব্যবহার করা হয়। (4) ইথার ক্লোরোফর্ম অপেক্ষা উৎকৃষ্টতর চেতনানাশক। কারণ যদিও ইহার ক্রিয়া ধীরগতিসম্পন্ন, ইহা হৃদ্স্পন্দনকে দুর্বল করে না। বাস্তবে চেতনানাশক হিসাবে ক্লোরোফর্ম ও ইথারের মিশ্রণ (পারঅক্সাইড উৎপত্তি নিবারণের জন্য কিছু ইথাইল অ্যালকোহল সমেত) ব্যবহার করা হয়।

7.6 ইথারের সমাবয়বতা/মেটামারিজম

ইথারের ক্ষেত্রে বিভিন্নরূপ সমাবয়বতা দেখিতে পাওয়া যায়।

(1) একটি ইথার অন্য এক সমগণীয় শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত কোন যৌগের সহিত সমাবয়বী হইতে পারে। যেমন ডাইমিথাইল ইথার ($CH_3—O—CH_3$) ও ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH), উভয়েরই আণবিক সঙ্কেত C_2H_6O। সুতরাং ডাই-মিথাইল ইথার ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত সমাবয়বী। এইরূপ ভিন্ন সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত যৌগদের সমাবয়বতার নাম 'কার্যকরী মূলক সমাবয়বতা'।

কিন্তু ইথার সমগণীয় সারির অন্তর্ভুক্ত যৌগগুলির নিজেদের মধ্যেও সমাবয়বতা দেখা দিতে পারে।

(2) দুইটি ইথারের মধ্যে এমন অ্যালকিল মূলক থাকিতে পারে যাহারা পরস্পরের সমাবয়বী, যেমন

$$CH_3—CH_2-CH_2—O—CH_2—CH_2—CH_3 \text{ এবং}$$

ডাই নর্মাল প্রোপাইল ইথার

$$\begin{array}{ccc} & CH_3 & & CH_3 & \\ & | & & | & \\ CH_3- & CH & —O— & CH & -CH_3 \end{array}$$

ডাই আইসো প্রোপাইল ইথার

(3) আবার একটি ইথারে উপস্থিত অ্যালকিলমূলকগুলি অন্য এক ইথারে সংযুক্ত অ্যালকিলমূলকগুলি হইতে ভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও ইথার দুইটির আণবিক সঙ্কেত অভিন্ন হইতে পারে যেমন

$C_2H_5—O—C_2H_5$ ডাইইথাইল ইথার $CH_3—O—C_3H_7$ মিথাইল প্রোপাইল ইথার

উপরি-উক্ত দুইটি ইথারেরই আণবিক সঙ্কেত $C_4H_{10}O$ এবং তাই উহারা সমাবয়বী।

(2) এবং (3) উদাহরণে একই সমগণীয় শ্রেণী ইথারের মধ্যে (—O—)-এর সহিত বিভিন্ন অ্যালকিলমূলকের সংযোগে সমাবয়বতার সৃষ্টি হইয়াছে। এইরূপ

একই সমগণীয় সারির যৌগসমূহের মধ্যে একটি দ্বিযোজী বা বহুযোজী পরমাণু বা মূলকের সহিত ভিন্ন ভিন্ন অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকার ফলে যে ধরনের সমাবয়বতার উদ্ভব হয় তাহাকে মেটামারিজম (Metamerism) বলে।

7.7 ডাই মিথাইল ইথার ও উহার সমাবয়বী ইথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে পার্থক্য

ডাই মিথাইল ইথার	ইথাইল অ্যালকোহল
অধিকতর উদ্বায়ী, সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাস, জলে অদ্রাব্য।	কম উদ্বায়ী, সাধারণ উষ্ণতায় তরল, জলে যে কোন অনুপাতে দ্রাব্য।
কার্যকরী মূলক (—O—), রাসায়নিক সক্রিয়তা কম, সোডিয়াম ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করে না।	কার্যকরী মূলক (—OH), রাসায়নিকভাবে অধিকতর সক্রিয়; সোডিয়াম ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও সোডিয়াম ইথক্সাইড উৎপন্ন করে।
সাধারণ উষ্ণতায় PCl_5 বিক্রিয়া করে না: উত্তপ্ত করিলে মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় কিন্তু HCl উৎপন্ন হয় না।	সাধারণ উষ্ণতায় PCl_5 ইথাইল ক্লোরাইডে পরিণত করে এবং HCl উৎপন্ন হয়।
$(CH_3)_2O+PCl_5 \rightarrow 2CH_3Cl+POCl_3$	$C_2H_5OH+PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl +POCl_3+HCl$

7.8 জৈব যৌগের রূপান্তর

(1) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ডাইইথাইল ইথার এবং বিপরীত রূপান্তর:

A. $$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} \xrightarrow[140°C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} \underset{\text{ডাইইথাইল ইথার}}{C_2H_5OC_2H_5}$$

B. $$\underset{\text{ডাইইথাইল ইথার}}{C_2H_5OC_2H_5} \xrightarrow[\Delta]{\text{গাঢ় HI}} \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{C_2H_5I} \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু NaOH}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH}$$

(2) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ডাইমিথাইল ইথার এবং বিপরীত রূপান্তর:

A. $$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \xrightarrow{Na_2CO_3} \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa}$$

$$\xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা লাইম}} \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow[\Delta]{\text{শুষ্ক } Ag_2O} \underset{\text{ডাইমিথাইল ইথার}}{CH_3OCH_3}$$

B. $$\underset{\text{ডাইমিথাইল ইথার}}{CH_3OCH_3} \xrightarrow[\Delta]{HI} \underset{\text{মিথাইল আয়োডাইড}}{CH_3I} \xrightarrow{KCN} \underset{\text{মিথাইল সায়ানাইড}}{CH_3CN}$$

$$\xrightarrow{Na/Hg+H_2O} CH_3CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} CH_3CH_2OH$$
ইথাইল অ্যামিন ইথাইল অ্যালকোহল

(3) ডাইমিথাইল ইথার হইতে ডাইইথাইল ইথার এবং বিপরীত রূপান্তর :

$$\text{A. } CH_3OCH_3 \xrightarrow[\Delta]{HI} CH_3I \xrightarrow{KCN} CH_3CN \xrightarrow{Na\text{-}Hg+H_2O}$$
ডাইমিথাইল ইথার মিথাইল আয়োডাইড মিথাইল সায়ানাইড

$$CH_3CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} CH_3CH_2OH \xrightarrow[140^\circ C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_5$$
ইথ ইল অ্যামিন ইথাইল অ্যালকোহল ডাইইথাইল ইথার

$$\text{B. } C_2H_5OC_2H_5 \xrightarrow[\Delta]{\text{গাঢ় HI}} C_2H_5I \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু NaOH}} C_2H_5OH$$
ডাইইথাইল ইথার ইথাইল আয়োডাইড ইথাইল অ্যালকোহল

$$\xrightarrow{[O]} CH_3COOH \xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডালাইম}} CH_4$$
অ্যাসিটিক অ্যাসিড সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিথেন

$$\xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{শুষ্ক } Ag_2O} CH_3OCH_3$$
মিথাইল ক্লোরাইড ডাইমিথাইল ইথার

সার-সংক্ষেপ

ইথার বা অ্যালকক্সি অ্যালকেনে, (—O—)-এর সহিত দুইটি অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকে। অ্যালকিল মূলক দুইটি অভিন্ন হইলে ইথারটিকে সরল ইথার এবং বিভিন্ন হইলে মিশ্র ইথার বলা হয়। ইথার সমগণীয় শ্রেণীর মধ্যে সর্বাধিক পরিচিত ডাইইথাইল ইথার ($C_2H_5OC_2H_5$) বা সাধারণ ইথার।

ডাইইথাইল ইথার $C_2H_5OC_2H_5$

প্রস্তুতি : (1) পরীক্ষাগারে সমায়তন গাঢ় H_2SO_4 ও C_2H_5OH মিশ্রণকে 140°C-এ উত্তপ্ত করিয়া ইথার প্রস্তুত করা হয়।

$$C_2H_5OH+H_2SO_4 \longrightarrow C_2H_5\text{-}HSO_4+H_2O$$
$$C_2H_5HSO_4+C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_5OC_2H_5+H_2SO_4$$

(2) উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ :

$$C_2H_5\text{-}ONa+C_2H_5I \xrightarrow[\text{রিফ্লাক্স}]{} C_2H_5OC_2H_5+NaI$$

(3) শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি :

$$2C_2H_5OH \xrightarrow[200^\circ\text{-}250^\circ C]{Al_2O_3} C_2H_5OC_2H_5+H_2O$$

(4) $2C_2H_5I + Ag_2O$ (শুষ্ক) $\xrightarrow{\Delta} C_2H_5OC_2H_5 + 2AgI$

ধর্ম : বর্ণহীন, প্রশম, বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল। জলে স্বল্প দ্রাব্য, আ. গু. 0·72। রাসায়নিক ধর্মে অ্যালকোহল অপেক্ষা নিষ্ক্রিয় ; Na, K ইত্যাদি দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

$$C_2H_5OC_2H_5 + PCl_5 \xrightarrow{\Delta} POCl_3 + 2C_2H_5Cl$$

$$CH_3CH_2OCH_2CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3CHCl\text{-}O\text{-}CH_2CH_3 + HCl$$

$$C_2H_5OC_2H_5 + 2HI \xrightarrow{\Delta} 2C_2H_5I + H_2O$$

$$C_2H_5OC_2H_5 + HI \xrightarrow{0°C} C_2H_5I + C_2H_5OH$$

$$C_2H_5OC_2H_5 + H_2O \xrightarrow[\text{চাপ}]{\text{লঘু } H_2SO_4} 2C_2H_5OH$$

$$C_2H_5OC_2H_5 + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \longrightarrow C_2H_5OH + C_2H_5HSO_4$$

$$CH_3CH_2\text{—}O\text{—}CH_2CH_3 \xrightarrow[\text{আলোক}]{O_2} CH_3\text{—}\underset{\displaystyle OOH}{\underset{|}{CH}}\text{—}O\text{—}C_2H_5$$

$$(C_2H_5)_2O + HCl \longrightarrow [(C_2H_5)_2OH]^+Cl^-$$

ব্যবহার : দ্রাবক হিসাবে শিল্পে ও পরীক্ষাগারে, ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় মোটর ইঞ্জিনের জ্বালানি হিসাবে, এবং চেতনানাশক হিসাবে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. সরল ইথার ও মিশ্র ইথারের পার্থক্য কি ? ইথারের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী ও সাধারণ ধর্মগুলি আলোচনা কর।

2. পরীক্ষাগারে ডাই-ইথাইল ইথারের প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। ডাই-ইথাইল ইথারের প্রধান ধর্মগুলি আলোচনা কর। ইহার কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. ইথারগুলির মধ্যে যে বিভিন্নরূপ সমাবয়বতা দেখা যায় সেগুলি আলোচনা কর। ডাইমিথাইল ইথার ও উহার সমাবয়বী ইথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে কি কি পার্থক্য দেখিতে পাওয়া যায় ?

4. টীকা লিখ : (a) উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ (b) সরল ইথার ও মিশ্র ইথার (c) মেটামারিজম (d) কার্যকরী মূলক সমাবয়বতা।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. সমীকরণসহ কি ঘটে বর্ণনা কর যখন:

(a) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। (J. E. '80) (b) সোডিয়াম ইথক্সাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সহিত ইথাইল আয়োডাইড মিশাইয়া কয়েক ঘন্টা ফুটানো হয়। (c) ইথাইল আয়োডাইডকে শুষ্ক সিলভার অক্সাইড চূর্ণের সহিত উষ্ণ করা হয়। (d) ডাইইথাইল ইথারকে ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। (e) ডাইইথাইল ইথারকে গাঢ় হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। (f) 0°C উষ্ণতায় ডাইইথাইল ইথারকে হাইড্রোজেন আয়োডাইড দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়। (g) ডাইইথাইল ইথারকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অধিক চাপে উত্তপ্ত করা হয়।

2. [A], [B], [C] ইত্যাদি স্থানে উপযুক্ত জৈব যৌগের নাম ও সঙ্কেত বসাও।

(i) $C_2H_4 \xrightarrow[100°C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} [A] \xrightarrow[\Delta]{H_2O} [B] \xrightarrow{P+I_2} [C] \xrightarrow{C_2H_5ONa} [D]$

(ii) $[A] \xrightarrow{HI} [B] \xrightarrow[\Delta]{Ag_2O} C_2H_5OC_2H_5$

(iii) $[A] \xrightarrow[140°C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_5 \xrightarrow[0°C]{HI} [B] + [C]$

(iv) $[A] \xrightarrow[200°C]{Al_2O_3} [B] \xrightarrow[\Delta]{HI} [C] \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} C_2H_4$

3. কারণ দেখাও:

(a) ইথারে উপস্থিত হাইড্রোজেন অ্যালকোহলের ন্যায় সোডিয়াম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় না কেন? (b) ফসফরাস পেন্টা-ক্লোরাইডের সহিত ডাইইথাইল ইথারের বিক্রিয়াকালে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় না কেন? (c) ডাই-মিথাইল ইথারের আণবিক সঙ্কেত ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত অভিন্ন হইলেও ইহা ইথাইল অ্যালকোহল অপেক্ষা অনেক বেশি উদ্বায়ী কেন? (d) পরীক্ষাগারে ডাইইথাইল ইথারের প্রস্তুতপ্রণালীকে 'ইথার প্রস্তুতির অবিরাম পদ্ধতি' বলা হয় কেন? (e) বায়ু ও আলোকের উপস্থিতিতে ডাইইথাইল ইথার বিস্ফোরক পদার্থে পরিণত হয় কেন?

৮

অ্যালডিহাইড ও কিটোন
(ALDEHYDES AND KETONES)

8.1 সূচনা

প্রাইমারি অ্যালকোহলের জারণের ফলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় যাহাদের কা র্যকরী মূলক $\left(-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H\right)$; যেমন $H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$ (ফর্ম্যালডিহাইড $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড) ইত্যাদি।

কিন্তু সেকেণ্ডারি অ্যালকোহলের জারণের ফলে কিটোন উৎপন্ন হয়, যাহাদের কার্যকরী মূলক $\left(-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\right)$, যেমন

$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ (অ্যাসিটোন) $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-C_2H_5$ (মিথাইল ইথাইল কিটোন ইত্যাদি।)

উভয় শ্রেণীর যৌগই অ্যালকোহল অণু হইতে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারণের ফলে উৎপন্ন হয় বলিয়া উহাদের সাধারণ আণবিক সঙ্কেত অভিন্ন, $C_nH_{2n}O$ (অ্যালকোহলের সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n+2}O$)। সেজন্য কোন অ্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বনপরমাণুযুক্ত কিটোনের সমাবয়বী। তাছাড়া উভয় শ্রেণীর যৌগেই কার্বনিল (—CO—) মূলক উপস্থিত থাকে বলিয়া উহাদের রাসায়নিক ধর্মেও বহু সাদৃশ্য দেখিতে পাওয়া যায়।

অ্যালডিহাইড সমগণীয় সারির মধ্যে অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO)-কে এবং কিটোন সমগণীয় সারির মধ্যে অ্যাসিটোন (CH_3COCH_3)-কে প্রতিনিধিস্থানীয় হিসাবে গণ্য করা হয়। ফর্ম্যালডিহাইডে (HCHO) কার্বনিল মূলকের সহিত দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু (অন্যান্য অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে একটি) যুক্ত থাকে বলিয়া ইহার রাসায়নিক ধর্মে অন্যান্য অ্যালডিহাইডের তুলনায় কিছু বৈষম্য পরিলক্ষিত হয় এবং ইহাকে প্রতিনিধিস্থানীয় বলিয়া গণ্য করা হয় না।

8.2 অ্যালডিহাইডের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

অ্যালডিহাইডকে নিম্নলিখিত উপায়ে প্রস্তুত করা যায় :

(1) প্রাইমারি অ্যালকোহলকে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা আংশিকভাবে জারিত করিয়া ;

$$RCH_2OH + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} RCHO + H_2O$$

অথবা প্রাইমারি অ্যালকোহল বাষ্পকে উত্তপ্ত সিলভার বা 330°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার-বেরিয়াম ক্রোমাইট অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিয়া

$$RCH_2OH \xrightarrow[330°C]{Cu/BaCr_2O_4} RCHO + H_2$$

(2) ফ্যাটিঅ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণের এবং ক্যালসিয়াম ফর্মেটের মিশ্রণকে শুষ্কপাতন করিয়া ;

$$(RCOO)_2Ca + (HCOO)_2Ca \rightarrow 2RCHO + 2CaCO_3$$

অথবা কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও ফর্মিক অ্যাসিড বাষ্পের মিশ্রণকে 300°C তাপ-মাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড বা থোরিয়া অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিয়া ;

$$\begin{matrix} R—COOH \\ + \\ H—COOH \end{matrix} \xrightarrow[300°C]{MnO} R—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—H + CO_2 + H_2O$$

(3) প্যারাফিনের অপ্রতিসম এবং প্রান্তিক কার্বনে হ্যালোজেন সংযুক্ত আছে এরূপ ডাইহ্যালোজেন যৌগ (জেম ডাইহ্যালাইড) আর্দ্রবিশ্লেষণ করিয়া ;

$$R\overset{\overset{Cl}{|}}{\underset{\underset{Cl}{|}}{C}}—H \xrightarrow{H_2O} R\underset{\underset{O}{\|}}{C} - H + 2HCl$$

(4) মারকিউরিক সালফেট ও লঘু (20%) সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে 80°C তাপমাত্রায় অ্যাসিটিলিন বা মিথাইল অ্যাসিটিলিনের সহিত জলের সংযুক্তি ঘটাইয়া ;

$$RC \equiv CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} RCH_2CHO$$

(5) অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিড ক্লোরাইডকে বিজারিত করিয়া (রোজেনমুন্ড বিজারণ) ; $RCOCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} RCHO + HCl$

বেরিয়াম সালফেট অনুঘটক-বিষ হিসাবে উপস্থিত থাকায় উৎপন্ন অ্যালডিহাইড আরো বেশি বিজারিত হইয়া অ্যালকোহলে পরিণত হইতে পারে না।

(6) ইথার দ্রবণে নাইট্রাইলকে অনাদ্র স্টানাস ক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্বারা বিজারিত করার পর আদ্র'বিশ্লেষণ করিয়া ;

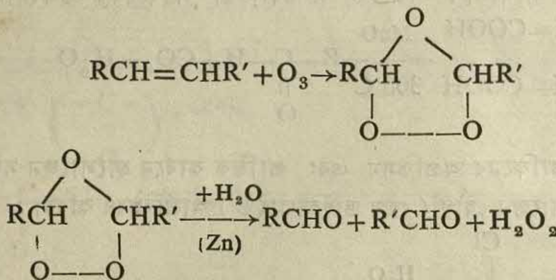
$$RC \equiv N \xrightarrow{+HCl} R.\underset{\underset{NH}{\|}}{C}—Cl \xrightarrow[-HCl]{+2H} R.\underset{\underset{NH}{\|}}{C}—H \xrightarrow[-NH_3]{+H_2O} R\underset{\underset{O}{\|}}{C} - H$$

(7) ফর্মিক অ্যাসিড এস্টারের সহিত গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় ;

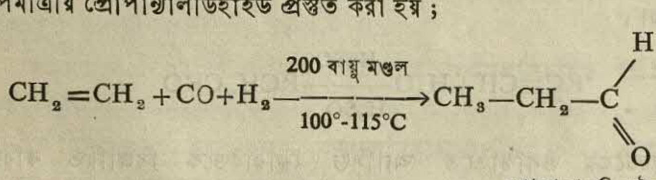
$$HCOOC_2H_5 + RMgBr \rightarrow HC(OMgBr)(R)—OC_2H_5 \rightarrow RCHO + Mg(OC_2H_5)Br$$

উৎপন্ন অ্যালডিহাইড যাহাতে অতিরিক্ত গ্রিগনার্ড বিকারকের দ্বারা আরো বিজারিত হইয়া সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল সঞ্জাত যৌগে পরিণত হইতে না পারে, সেজন্য অতিরিক্ত ইথাইল ফর্মেট ব্যবহার করা প্রয়োজন।

(8) অ্যালকিনকে ওজোনাইডে পরিণত করিয়া আর্দ্র বিশ্লেষণ করিলেও অ্যালডিহাইড পাওয়া যায় ;



(9) অক্সোবিক্রিয়ার সাহায্যেও অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়। উপযুক্ত উচ্চচাপে ও বর্ধিত তাপমাত্রায় ওলেফিনের দ্বিবন্ধনে একই সঙ্গে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের সংযুক্তিকে অক্সো বিক্রিয়া বলে। এই পদ্ধতিতে ইথিলিন ও ওয়াটার গ্যাসের মিশ্রণ হইতে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, এবং 100°-115°C তাপমাত্রায় প্রোপান্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় ;



প্রোপান্যালডিহাইড

8.3 ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : এই শ্রেণীর প্রথম যৌগ ফর্ম্যালডিহাইড এবং গ্রীষ্মপ্রধান দেশে দ্বিতীয় যৌগ অ্যাসিট্যালডিহাইডও সাধারণ উষ্ণতায় বর্ণহীন গ্যাস। পরবর্তী উচ্চতর কয়েকটি যৌগ বর্ণহীন প্রশম তরল। উচ্চতম অ্যালডিহাইডগুলি মিষ্টগন্ধযুক্ত বর্ণহীন প্রশম কঠিন পদার্থ। কিন্তু নিম্নতর অ্যালডিহাইডগুলির গন্ধ ঝাঁঝালো। নিম্নতর অ্যালডিহাইডগুলি জলে দ্রাব্য কিন্তু আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে ইহাদের জলে দ্রাব্যতা কমিতে থাকে। সব অ্যালডিহাইডই অ্যালকোহল ইথার ইত্যাদি জৈব তরলে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) জারণ ও বিজারণ : অ্যালডিহাইড সহজেই জারিত হয়। বায়ুর অক্সিজেন, এমনকি অনুঘটকের অনুপস্থিতিতেও, অ্যালডিহাইডকে ধীরে ধীরে জারিত করিয়া অ্যাসিডে পরিণত করে। সহজে জারিত হয় বলিয়া অ্যালডিহাইডের বিজারণ ধর্ম লক্ষণীয়। ইহারা উষ্ণ অবস্থায় অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বা টোলেন বিকারককে বিজারিত করিয়া ধাতব সিলভার এবং ফেলিংস দ্রবণকে (কপার সালফেট এবং সোডিয়াম পটাসিয়াম টারটারেটের জলীয় দ্রবণের মিশ্রণ) বিজারিত করিয়া লালরঙের কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে ;

$$RCHO + Ag_2O \xrightarrow{\text{টোলেন বিকারক}} RCOOH + 2Ag$$

$$RCHO + 2CuO \xrightarrow{\text{ফেলিংস দ্রবণ}} RCOOH + Cu_2O$$

উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া অ্যালডিহাইড বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ চালনা করিলে অ্যালডিহাইড অ্যাসিডে জারিত হয় ;

$$2RCHO + O_2 \xrightarrow{MnO} 2RCOOH$$

প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালডিহাইড এমনকি সাধারণ তাপমাত্রায় জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া (বায়ুর অনুপস্থিতিতে) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ;

$$RCHO + H_2O \xrightarrow{Pd} RCOOH + H_2$$

কিন্তু সিলেনিয়াম ডাইঅক্সাইডের সাহায্যে জারিত করিলে, অ্যালডিহাইডো মূলক কার্বক্সিলিক মূলকে জারিত হইবার পরিবর্তে, আলফা অবস্থানে যে সক্রিয় মিথিলিন ($—CH_2—$) মূলক থাকে, তাহা জারিত হইয়া অপর একটি কার্বনিল মূলক সৃষ্টি করে ; $R—CH_2—CHO + SeO_2 \rightarrow R—CO—CHO + H_2O + Se$

সোডিয়াম ও অ্যালকোহলের বা সোডিয়াম পারদ সংকর ও জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন অ্যালডিহাইডকে বিজারিত করিয়া প্রাইমারি অ্যালকোহলে পরিণত করে। 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেলচূর্ণের উপর দিয়া অ্যালডিহাইড বাষ্প ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ চালিত করিলেও প্রাইমারি অ্যালকোহল পাওয়া যায় ;

$$RCHO + 2[H] \xrightarrow{\text{Na + অ্যালকোহল}} RCH_2OH$$

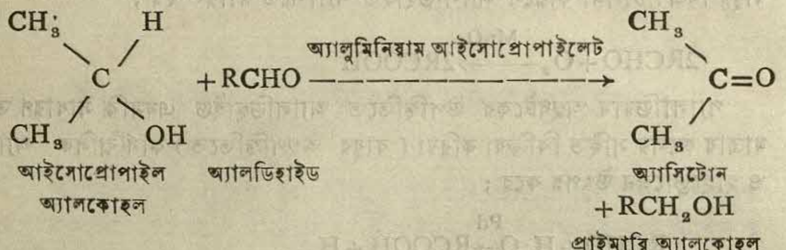
$$RCHO + H_2 \xrightarrow[200°C]{Ni} RCH_2OH$$

সোডিয়াম হাইড্রাইড বা লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ইত্যাদি বিজারকও অনুরূপভাবে অ্যালডিহাইডকে প্রাইমারি অ্যালকোহলে বিজারিত করে,

কিন্তু জিঙ্ক পারদসংকর ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারণ করিলে অ্যালডিহাইড হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয় (ক্লিমেনসন বিজারণ) ;

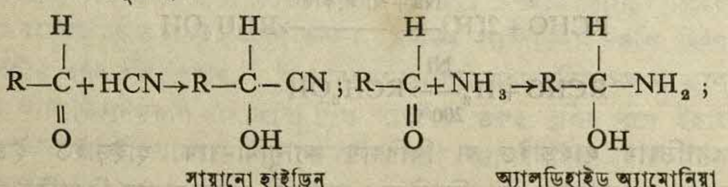
$$RCHO + 4[H] \xrightarrow[\text{গাঢ় HCl}]{Zn/Hg} RCH_3 + H_2O$$

অনেক সময় অ্যালডিহাইডের (বা কিটোনের) কার্বনিল মূলককে বিজারিত করিবার জন্য মেরভাইন-পনডর্ফ-ভার্লে বিজারণ (Meerwein-Pondorf-Verley reduction) বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয়, বিশেষত যখন যৌগটির মধ্যে বিজারণ যোগ্য অন্য কোন মূলক উপস্থিত থাকে। এই বিক্রিয়ায় বিজারক হিসাবে অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রোপাইলেট মিশ্রিত আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়। বিক্রিয়ার ফলে আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল অ্যাসিটোনে জারিত এবং অ্যালডিহাইড সংশ্লিষ্ট প্রাইমারি অ্যালকোহলে বিজারিত হয় ; কিন্তু দ্বিবন্ধন, নাইট্রোমূলক ইত্যাদি বিজারণ যোগ্য অন্য কোন মূলক আক্রান্ত হয় না।



অতএব আমরা দেখিতে পাইতেছি যে প্রাইমারি অ্যালকোহলকে সহজেই জারিত করিয়া সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইডে এবং অ্যালডিহাইডকে সমসংখ্যক কার্বনপরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়। কিন্তু আমরা পরে দেখিব যে, বিপরীত প্রক্রিয়া অর্থাৎ কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে অনুরূপ উপায়ে সরাসরি বিজারিত করিয়া অ্যালডিহাইডে পরিণত করা সহজে সম্ভব নহে।

(2) **যুত বিক্রিয়া :** অ্যালডিহাইডের কার্বনিল মূলক খুব সক্রিয় এবং বিভিন্ন বিকারক এই কার্বনিল মূলকে সংযুক্ত হইয়া যুত যৌগ গঠন করিতে পারে। এরূপ যুত বিক্রিয়ায় বিকারকের তড়িদ্ধনাত্মক অংশ অক্সিজেনে এবং তড়িৎঋণাত্মক অংশ কার্বনে সংযুক্ত হয়।



$$R-\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}} + NaHSO_3 \rightarrow R-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-SO_3Na\ ;\ R-\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}} + C_2H_5MgI \rightarrow$$

$$R-\underset{\underset{OMgI}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-C_2H_5$$

অবশ্য ফর্ম্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে কিছু কিছু ব্যতিক্রম দেখিতে পাওয়া যায়।

(3) **কনডেনসেশন** বিক্রিয়া ঃ হাইড্রক্সিল অ্যামিন (NH_2OH), হাইড্রাজিন ($NH_2—NH_2$) ফিনাইল হাইড্রাজিন ($C_6H_6NHNH_2$) অথবা সেমিকার্বাজাইড ($NH_2NHCONH_2$) অ্যালডিহাইডের সহিত কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় যথাক্রমে অ্যালডিহাইডের অক্সাইম (অ্যালডক্সাইম), হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোন নামক কেলাসাকার পদার্থ উৎপন্ন করে। প্রতিক্ষেত্রেই কার্বনিল মূলকের অক্সিজেন, বিকারকের দুইটি হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল অণু হিসাবে বাহির হয়। এই সব বিকারকের সুস্থিতি কম বলিয়া সাধারণত লেবরেটারিতে ইহাদের হাইড্রোক্লোরাইড লবণ হিসাবে সংরক্ষিত করা হয় এবং বিক্রিয়াকালে সোডিয়াম অ্যাসিটেট যোগ করিয়া মুক্ত অবস্থায় লইয়া আসা হয়। যেমন ;

$NH_2NH_2,HCl + CH_3COONa \rightarrow NH_2NH_2 + NaCl + CH_3COOH$;

$NH_2OH,HCl + CH_3COONa \rightarrow NH_2OH + NaCl + CH_3COOH$

$RCHO + H_2N\text{-}OH \rightarrow H_2O + RCH=N\text{-}OH$ (অ্যালডক্সাইম)

$RCHO + H_2N—NH_2 \rightarrow H_2O + RCH=N\text{-}NH_2$ (হাইড্রাজোন)

$RCHO + H_2N—NHC_6H_5 \rightarrow H_2O + RCH=N\text{-}NHC_6H_5$

(ফিনাইল হাইড্রাজোন)

$RCHO + H_2N{\cdot}NH{\cdot}CO{\cdot}NH_2 \rightarrow H_2O + RCH=N{\cdot}NH\ CONH_2$

(সেমিকার্বাজোন)

(4) **অ্যালডিহাইড অ্যালকোহলেট গঠন ঃ** হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অথবা গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালডিহাইড দুই অণু অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করে। এইরূপে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ইথানলের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাল উৎপন্ন হয় ;

$$CH_3CHO + \begin{matrix} HOC_2H_5 \\ HOC_2H_5 \end{matrix} \rightarrow CH_3CH\begin{matrix} \diagup OC_2H_5 \\ \diagdown OC_2H_5 \end{matrix} + H_2O$$

অ্যাসিটাল

(5) **হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন:** ক্লোরিন বা ব্রোমিন অ্যালডিহাইডের α কার্বন পরমাণুতে (অর্থাৎ কার্বনিল মূলক সন্নিহিত কার্বন পরমাণুতে) সংযুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে ;

$$RCH_2CHO + X_2 \rightarrow RCHXCHO + HX$$
$$RCHXCHO + X_2 \rightarrow RCX_2CHO + HX$$

(6) **ফসফরাসপেন্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া:** ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইডের অক্সিজেন দুইটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ; $RCHO + PCl_5 \rightarrow RCHCl_2 + POCl_3$

কিন্তু ইহার মধ্যে কোন হাইড্রক্সিল মূলক না থাকায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় না।

(7) **ক্যানিজেরো (Canizzaro) বিক্রিয়া ও অ্যালডল কনডেনসেশন:** উপযুক্ত অনুঘটক যেমন ক্ষারীয় দ্রবণের প্রভাবে, যে সকল অ্যালডিহাইডের α কার্বণে দুইটি বা তিনটি হাইড্রোজেন সংযুক্ত, তাহাদের দুই অণু একত্রিত হইয়া অ্যালডলে পরিণত হয় (অ্যালডল কনডেনসেশন) ; কিন্তু যে সকল অ্যালডিহাইডের α কার্বনে কোন হাইড্রোজেন নাই তাহাদের একটি অণু বিজারিত হইয়া প্রাইমারি অ্যালকোহল এবং অপর একটি অণু জারিত হইয়া কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের লবণ উৎপন্ন করে (ক্যানিজেরো বিক্রিয়া) ;

$$\underset{\underset{O}{\|}}{RCH_2CH} + \underset{\underset{R}{|}}{H\text{—}CHCHO} \rightarrow RCH_2\underset{\underset{OH}{|}}{CH}\text{—}\underset{\underset{R}{|}}{CHCHO} \quad \text{(অ্যালডল)}$$

$$2RCHO + NaOH \rightarrow R\text{—}\overset{H}{\underset{H\ \ OH}{C}} + R\text{—}C\overset{\nearrow O}{\searrow ONa}$$

প্রাইমারি অ্যালকোহল   কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের লবণ

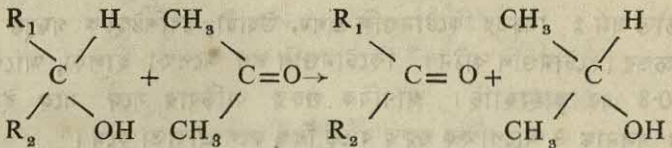
(8) **পলিমারাইজেশন:** অ্যালডিহাইডের বিভিন্নরূপ পলিমার গঠন করিবার প্রবণতা আছে।

8.4 কিটোনের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) সেকেণ্ডারি অ্যালকোহলকে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের সহিত উষ্ণ করিয়া জারিত করিলে অথবা সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল বাষ্পকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনা বা থোরিয়ার উপর দিয়া চালিত করিলে কিটোন উৎপন্ন হয় ;

$$R_1CH(OH)R_2 + [O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} R_1COR_2 + H_2O$$
$$R_1CH(OH)R_2 \xrightarrow[300°C]{Al_2O_3} R_1COR_2 + H_2$$

ওপেনাউয়ার জারণ : সেকেণ্ডারি অ্যালকোহলকে অ্যালুমিনিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোন মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটোন সেকেণ্ডারি অ্যালকোহলকে জারিত করিয়া কিটোনে পরিণত করে এবং নিজে আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলে বিজারিত হয় :



(2) কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম, বেরিয়াম বা লেড লবণকে শুষ্ক পাতন করিলে অথবা কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বাষ্পকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে কিটোন পাওয়া যায় ;

$$(RCOO)_2Ca \rightarrow RCOR + CaCO_3$$

$$2RCOOH \xrightarrow[300°C]{MnO} RCOR + CO_2 + H_2O$$

একই সঙ্গে দুইটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বাষ্পকে উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে অথবা উহাদের ক্যালসিয়াম লবণের মিশ্রণকে শুষ্ক পাতন করিলে তিনপ্রকার কিটোন উৎপন্ন হয় ; দুইটি সরল কিটোন (অর্থাৎ কার্বনিল মূলকের দুইপাশে একই অ্যালকিল মূলক) এবং একটি মিশ্র কিটোন (অর্থাৎ কার্বনিল মূলকের দুইপাশে বিভিন্ন অ্যালকিল মূলক) ;

$$(R_1COO\ _2Ca + (R_2COO)_2Ga \longrightarrow 2\ R_1COR_2 + 2CaCO_3$$

$$(R_1COO)_2Ca \rightarrow R_1COR_1 + CaCO_3$$

$$(R_2COO)_2Ca \rightarrow R_2COR_2 + CaCO_3$$

(3) $R_1CCl_2R_2$ গঠনের জেম ডাইহ্যালাইড আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে কিটোন উৎপন্ন হয় ; $R_1CCl_2R_2 + H_2O \rightarrow R_1COR_2 + 2HCl$

(4) উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডকে 200°C তাপমাত্রায় ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইড দ্বারা নিরুদিত করিয়া অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত করিবার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইডও নির্গত হয় এবং কিটোন পাওয়া যায় ;

$$2RCOOH \longrightarrow RCOR + CO_2 + H_2O$$

(5) গ্রিগনার্ড বিকারক ও নাইট্রাইলের যুত যৌগকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়াও কিটোন প্রস্তুত করা যায় ; $RC{\equiv}N + R_1MgI \rightarrow R{-}\underset{\substack{|\\R_1}}{C}{=}NMgI$

$$R{-}\underset{\substack{|\\R_1}}{C}{=}NMgI + H_2O \longrightarrow R{-}\underset{\substack{|\\R_1}}{C}{=}NH + MgIOH$$

$$\underset{\displaystyle R_1}{R-\overset{}{C}}=NH+H_2O \longrightarrow \underset{\displaystyle R_1}{R-C}=O+NH_3$$

8.5 ধর্ম

ভৌত ধর্ম : নিম্নতর কিটোনগুলি প্রশম, উদ্বায়ী, বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত তরল কিন্তু উচ্চতর কিটোনগুলি কঠিন। কিটোনগুলি জল অপেক্ষা হালকা, আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·8 এর কাছাকাছি। আণবিক গুরুত্ব বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে ইহাদের স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক ও আপেক্ষিক গুরুত্ব বাড়ে কিন্তু জলে দ্রাব্যতা কমে।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) জারণ ও বিজারণ : মৃদু জারকদ্রব্য কিটোনকে সহজে জারিত করিতে পারে না, কিন্তু তীব্র জারকদ্রব্য ইহার কার্বনশৃঙ্খল ছিন্ন করিয়া ক্ষুদ্রতর দৈর্ঘ্যের কার্বনশৃঙ্খলযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত করে ; যেমন

$$\underset{\text{মিথাইল ইথাইল কিটোন}}{CH_3-CO-CH_2-CH_3}+3[O]\longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{2CH_3COOH}$$

সোডিয়াম ও অ্যালকোহল, সোডিয়াম পারদসংকর ও জল, লিথিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড অথবা নিকেল, প্লাটিনাম ইত্যাদি অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন গ্যাস, কিটোনকে বিজারিত করিয়া সেকেণ্ডারি অ্যালকোহলে পরিণত করে ;

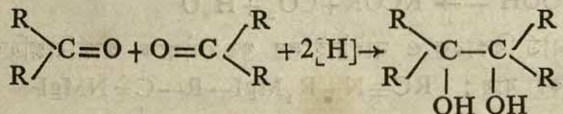
$$R_1COR_2+2[H]\rightarrow R_1\underset{\displaystyle OH}{CH}-R_2$$

কিন্তু কিটোন বিজারণে জিঙ্কপারদসংকর ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে কার্বনিল মূলক মিথিলিন মূলকে পরিণত হইয়া প্যারাফিন হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে ;

$$R_1COR_2+4[H]\xrightarrow[HCl]{Zn/Hg}R_1-CH_2-R_2+H_2O$$

এই বিজারণকে ক্লিমেনসন বিজারণ বলে।

আবার কিটোনকে তড়িৎ-বিজারণ করিলে অথবা ম্যাগনেসিয়াম পারদসংকর দ্বারা বিজারিত করিলে প্রধানত পিনাকল জাতীয় যৌগ উৎপন্ন হয় ;



মেরভাইন পনডর্ফ-ভার্লে বিক্রিয়ার সাহায্যেও কিটোকে বিজারিত করা যায়।

(2) যুতযৌগ গঠন : কিটোন অ্যালডিহাইডের ন্যায় হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, সোডিয়াম বাইসালফাইট বা গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত যুতযৌগ গঠন করে কিন্তু সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার সহিত কনডেনসেশন বিক্রিয়া ঘটে ;

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=O+HCN \rightarrow \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}OH\\CN\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=O+NaHSO_3 \rightarrow \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}OH\\SO_3Na\end{matrix};$$

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=O+R_3MgX \rightarrow \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}OMgX\\R_3\end{matrix}$$

(3) **কনডেনসেশন বিক্রিয়া ঃ** অ্যালডিহাইডের ন্যায় কিটোনও হাইড্রক্সিলঅ্যামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন বা সেমিকার্বজাইডের সহিত কনডেনসেশন বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে কিটোক্সাইম, হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোনে পরিণত হয় ;

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=O+H_2NOH \rightarrow \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=NOH$$ (কিটোক্সাইম)

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=O+H_2NNHC_6H_5 \rightarrow \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=N.NHC_6H_5$$

(ফিনাইল হাইড্রাজোন)

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=O+H_2N.NH.CO.NH_2 \rightarrow \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=N.NHCONH_2$$

(সেমিকার্বাজোন)

(4) হ্যালোজেন অ্যালডিহাইডের মত কিটোনের α-কার্বনে সংযুক্ত হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে ;

$$R_1CH_2COR_2+X_2 \rightarrow R_1CHXCOR_2+HX$$

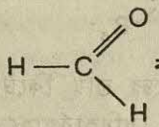
(5) সাধারণভাবে ফসফরাসপেন্টাক্লোরাইড কিটোনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্যারাফিনের ডাইক্লোরো জাতক উৎপন্ন করে, কিন্তু কিটোনে হাইড্রক্সিল মূলক উপস্থিত না থাকায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় না।

$$R_1COR_2+PCl_5 \rightarrow R_1CCl_2R_2+POCl_3$$

(6) কিটোন অ্যালডিহাইড অপেক্ষা কম সক্রিয়। ইহা অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটাল জাতীয় যৌগ উৎপন্ন করিতে পারে না। ইহার পলিমারাইজেশন বিক্রিয়ার প্রবণতাও নাই। তবে ইহা উপযুক্ত পরিবেশে জলের অণু ত্যাগ করিয়া কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় বৃহত্তর অণু গঠন করিতে পারে। প্রতিনিধিস্থানীয় কিটোন অ্যাসিটোনের রাসায়নিক ধর্ম আলোচনার সময় এইরূপ বিক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ উল্লিখিত হইবে।

ফর্ম্যালডিহাইড (Formaldehyde) বা মিথান্যাল CH_2O

সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার প্রথম পর্যায়ে উদ্ভিদকোষে ফর্ম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। ইহা অ্যালডিহাইড শ্রেণীর মধ্যে সরলতম যৌগ। কিন্তু ইহার কার্বনিল মূলকের সহিত একটির বদলে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত বলিয়া, ইহার এমন কতগুলি বিশেষ ধর্ম দেখা যায় যেগুলি অন্যান্য অ্যালডিহাইডে অনুপস্থিত। সেজন্য ইহাকে প্রতিনিধিস্থানীয় অ্যালডিহাইড হিসাবে গণ্য করা হয় না।



বা H. CHO

ফর্ম্যালডিহাইডের গঠন সঙ্কেত



ফর্ম্যালডিহাইড অণুর স্থানিক বিন্যাস

8.6 ফর্ম্যালডিহাইড প্রস্তুতি

(1) মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণকে 550°-600°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার বা সিলভার তারজালির উপর দিয়া চালিত করিয়া অথবা 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামের উপর দিয়া চালিত করিয়া অথবা 350°-400°C-এ উত্তপ্ত আয়রন মলিবডেনাম ট্রাইঅক্সাইড মিশ্রণের উপর দিয়া চালিত করিয়া ফর্ম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় ;

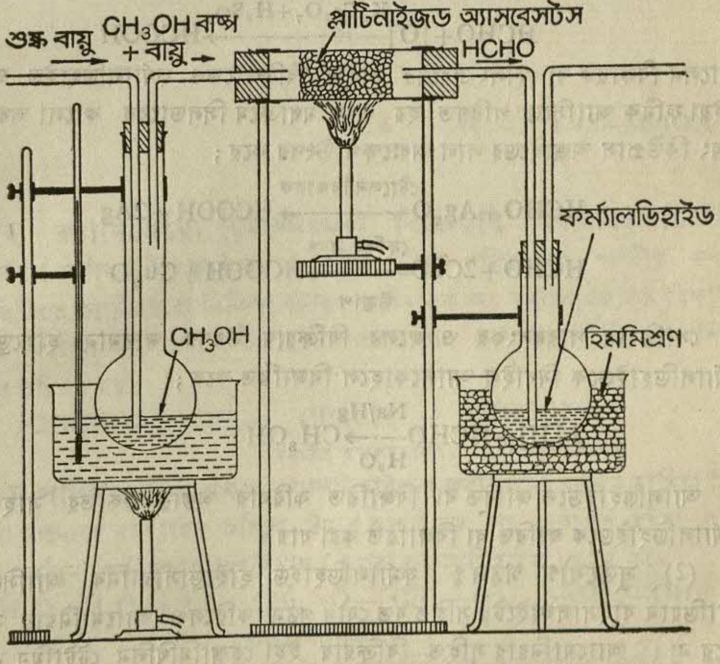
$$2CH_3OH + O_2 \xrightarrow[550°\text{-}600°C]{Cu} 2CH_2O + H_2O$$

প্রবেশনল ও নির্গমনলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে মিথাইল অ্যালকোহল লইয়া প্রবেশনলের শেষপ্রান্ত মিথাইল অ্যালকোহলে ডুবাইয়া রাখা হয়। নির্গমনলটিকে একটি প্লাটিনাইজড অ্যাসবেসটসপূর্ণ দুইমুখখোলা দৃঢ় কাচনলের একপ্রান্তে সংযুক্ত করিয়া কাচনলটির অপর প্রান্তকে বরফজলে শীতলীকৃত নির্গমনলযুক্ত আংশিক জলপূর্ণ ফ্লাস্কের সহিত চিত্রানুযায়ী যোগ করা হয়। অতঃপর প্লাটিনাইজড অ্যাসবেসটসপূর্ণ নলটিকে প্রায় 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করার পর মিথাইল অ্যালকোহলপূর্ণ ফ্লাস্কটিকে জলগাহে বসাইয়া প্রায় 50°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করা হয়। এবার ফ্লাস্কটির মধ্যে বায়ু চালনা করিলে, বায়ুস্রোত মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্পে সম্পৃক্ত হইয়া উত্তপ্ত প্লাটিনাইজড অ্যাসবেসটসের সংস্পর্শে আসে। মিথাইল অ্যালকোহল বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া ফর্ম্যালডিহাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন ফর্ম্যালডিহাইডকে সংগ্রহক ফ্লাস্কের শীতল জল শোষণ করিয়া লয়। অতিরিক্ত বায়ু সংগ্রহক ফ্লাস্কের নির্গম নলের মাধ্যমে বাহির হইয়া যায়। এই পদ্ধতিতে ফর্ম্যালডিহাইডের শিল্প প্রস্তুতিও করা হয়। উৎপন্ন ফরম্যালডিহাইডের 40% জলীয় দ্রবণকে 'ফর্মালিন' নামে বিক্রয় করা হয়।

(2) মিথাইল অ্যালকোহলকে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট মিশ্রণ দ্বারা জারিত করিলে ফর্ম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়

$$HCH_2OH + [O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} HCHO + H_2O$$

(3) ক্যালসিয়াম ফরমেট শুষ্ক পাতন করিয়াও পরীক্ষাগারে ফর্ম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় ; $(HCOO)_2Ca \rightarrow HCHO + CaCO_3$



চিত্র 8.1 ফর্ম্যালডিহাইড প্রস্তুতি

(4) আধুনিক শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে 450°C তাপমাত্রায়, 10-20 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং অ্যালুমিনিয়াম ফসফেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে, প্রাকৃতিক গ্যাসের মিথেনকে বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে জারিত করিয়া সরাসরি ফর্ম্যালডিহাইডে পরিণত করা হয় ;

$$CH_4 + O_2 \xrightarrow[450°C,\ AlPO_4]{10\text{-}20 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}} HCHO + H_2O$$

8.7 ফর্ম্যালডিহাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে ফর্ম্যালডিহাইড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস ; স্ফুটনাঙ্ক —21°C। তরল ফর্ম্যালডিহাইডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·825। ফর্ম্যালডিহাইডের জলে দ্রাব্যতা খুবই বেশি। ইহার সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ (40% CH_2O) ফর্ম্যালিন নামে বাজারে বিক্রয় হয়। ইহা জীবাণুনাশক।

রাসায়নিক ধর্ম : ফর্ম্যালডিহাইডের রাসায়নিক ধর্ম অনেকাংশে অ্যালডিহাইডের সাধারণ ধর্মের অনুরূপ। তবে কতগুলি ক্ষেত্রে ইহা ভিন্নরূপ আচরণ করে।

(1) **জারণ ও বিজারণ :** অন্যান্য অ্যালডিহাইডের ন্যায় ফর্ম্যালডিহাইডও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের মিশ্রণ অথবা ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ দ্বারা জারিত হইয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয় ;

$$HCHO + [O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} HCOOH$$

টোলেন বিকারক বা ফেলিং দ্রবণের সহিত বিক্রিয়াতেও ফর্ম্যালডিহাইড জারিত হইয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং যথাক্রমে সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ এবং কিউপ্রাস অক্সাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে ;

$$HCHO + Ag_2O \xrightarrow{\text{টোলেন বিকারক}} HCOOH + 2Ag$$

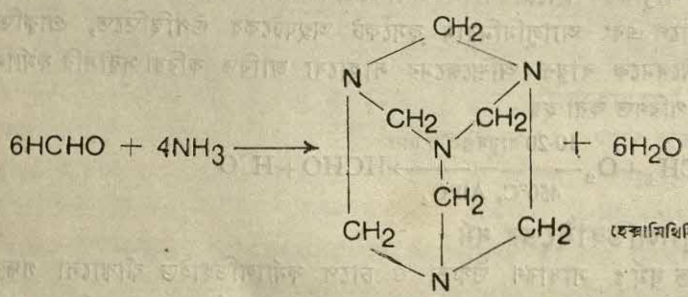
$$HCHO + 2CuO \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{ফেলিং দ্রবণ}} HCOOH + Cu_2O$$

সোডিয়াম পারদসংকর ও জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন ফর্ম্যালডিহাইডকে মিথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত করে ;

$$2\,[H] + HCHO \xrightarrow[H_2O]{Na/Hg} CH_3OH$$

অ্যালডিহাইডকে জারিত বা বিজারিত করিবার অন্যান্য পদ্ধতির সাহায্যেও ফর্ম্যালডিহাইডকে জারিত বা বিজারিত করা যায়।

(2) **যুতযৌগ গঠন :** ফর্ম্যালডিহাইড হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড বা সোডিয়াম বাইসালফাইটের সহিত যুত যৌগ গঠন করিলেও অ্যামোনিয়ার সহিত করে না। অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় ইহা হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন নামের কেলাসাকার কঠিনপদার্থ উৎপন্ন করে ;



হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন

হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন বাতরোগের ঔষধ এবং ইউরোট্রোপিন বা অ্যামিনোফর্ম নামে বিক্রীত হয়।

(3) ফর্ম্যালডিহাইড গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত যে যুতযৌগ গঠন করে তাহাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে প্রাইমারি অ্যালকোহল পাওয়া যায়, কিন্তু গ্রিগনার্ড বিকারক ও অন্যান্য অ্যালডিহাইডের যুতযৌগ আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ;

$$H-\underset{H}{\underset{|}{C}}=O + RMgI \rightarrow H-\overset{R}{\overset{|}{\underset{H}{\underset{|}{C}}}}-OMgI \xrightarrow{+H_2O} H-\overset{R}{\overset{|}{\underset{H}{\underset{|}{C}}}}-OH + MgIOH$$

(4) **ক্যানিজেরো (Cannizzaro) বিক্রিয়া** : ফর্মালডিহাইডে কোন ∝-কার্বন (অর্থাৎ (CO) মূলক সংযুক্ত কার্বন) নাই বলিয়া ইহা ক্ষারীয় দ্রবণের উপস্থিতিতে ক্যানিজেরো বিক্রিয়া ঘটায় ; অর্থাৎ এক অণু ফর্ম্যালডিহাইড বিজারিত হইয়া মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে এবং অপর এক অণু ফর্মিক অ্যাসিডের লবণে পরিণত হয় ;

$$2HCHO + NaOH \rightarrow \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH} + \underset{\text{সোডিয়াম ফর্মেট}}{HCOONa}$$

(5) **পলিমারাইজেশন** : ফর্ম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণ বহুদিন রাখিয়া দিলে অথবা জলগাহে বাষ্পায়িত করিলে উহার কয়েক শত অণু একত্রিত হইয়া সরল-রৈখিক গঠনের অনিয়তাকার পলিমার (প্যারা ফর্ম্যালডিহাইড) গঠন করে ;

$$n\ CH_2O + H_2O \rightarrow \underset{\text{প্যারাফর্ম্যালডিহাইড}}{HO-CH_2-O-[CH_2-O]_{n-2}-CH_2-OH}$$

এতদ্‌ব্যতীত ফর্ম্যালডিহাইডের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রভাবে অথবা ফর্ম্যালডিহাইড বাষ্পকে শীতল করিলে, উহার তিনটি অণু একত্রিত হইয়া বৃত্তীয় গঠনের অপর এক প্রকার কেলাসাকার পলিমার (মেটা ফর্ম্যালডিহাইড বা ট্রাই-অক্সেন) গঠন করে।

$$3HCHO \rightarrow CH_2\begin{matrix} \diagup O-CH_2 \diagdown \\ \diagdown O-CH_2 \diagup \end{matrix}O \quad \text{(মেটাফর্ম্যালডিহাইড)}$$

প্যারাফর্ম্যালডিহাইড (গলনাঙ্ক 140°-160°C) ও মেটাফর্ম্যালডিহাইড (গলনাঙ্ক 67°C) উভয় যৌগকেই উত্তপ্ত করিলে ফর্ম্যালডিহাইড নির্গত হয়।

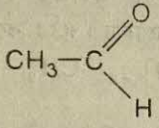
(6) **পলিকনডেনসেশন** : ফর্ম্যালডিহাইড ক্ষারীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে ফেনলের সহিত এবং অ্যাসিডীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইউরিয়ার সহিত

পলিকনডেনসেশন (জল অণু ত্যাগ করিয়া বহুসংখ্যক সরল অণুর একত্রিত হইয়া দৈত্যাকায় অণু গঠন) বিক্রিয়ায় যথাক্রমে ফেনল ফর্ম্যালডিহাইড ও ইউরিয়া ফর্ম্যালডিহাইড রেজিন উৎপন্ন করে। ইহাদের গঠন অত্যন্ত জটিল এবং আণবিক গুরুত্ব অসীম। উত্তাপে নরম হয় না এবং কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না বলিয়া ইহাদিগকে বিশেষত ফেনলফর্ম্যালডিহাইড রেজিনকে প্লাস্টিক দ্রব্য উৎপাদনে (ফেনল ফর্ম্যালডিহাইড রেজিন ভিত্তিক প্লাস্টিক বেকেলাইট নামে পরিচিত) এবং আঠা তৈয়ারীর কাজে ব্যবহার করা হয়।

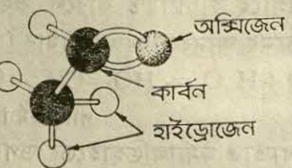
8.8 ব্যবহার

(1) প্লাইউড ও ল্যামিনেটেড সিট প্রস্তুতির আঠা এবং ফেনল ফর্ম্যাল-ডিহাইড ইত্যাদি রেজিন ভিত্তিক প্লাস্টিক দ্রব্য উৎপাদনে প্রচুর পরিমাণে ফর্ম্যালডিহাইড ব্যবহৃত হয়। (2) ফর্ম্যালিন নামে পরিচিত ফর্ম্যালডিহাইডের 40% জলীয় দ্রবণকে 4% মাত্রায় লঘু করিয়া জীববিদ্যার পরীক্ষাগারে মৃত জীবকোষ বা জীবদেহের অংশ সংরক্ষণে ব্যবহার করা হয়। (3) তীব্র জীবাণু নাশক ও বীজবারক হিসাবে ফর্ম্যালডিহাইড দ্রবণের ব্যবহার আছে। (4) ফর্ম্যাল-ডিহাইড হইতে প্রস্তুত হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন ইউরোট্রপিন নামে বাতরোগ ও মূত্রাশয়ের পীড়ায় ব্যবহৃত হয়। (5) সাইক্লোনাইট নামক বিস্ফোরক উৎপাদনে এবং ফর্মামিণ্ট নামক জীবাণুনাশক লজেন্স প্রস্তুতিতে ফর্ম্যালডিহাইড ব্যবহার করা হয়। (6) রঞ্জকদ্রব্য উৎপাদনে এবং চর্মশিল্পে ইহার ব্যবহার আছে।

অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ইথান্যাল CH_3CHO



অ্যাসিট্যালডিহাইডের গঠন সঙ্কেত

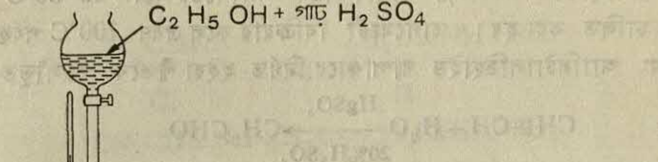


অ্যাসিট্যালডিহাইড অণুর স্থানিক বিন্যাস

8.9 প্রস্তুত প্রণালী

(1) ইথাইল অ্যালকোহলের জারণে/পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : বিন্দুপাতী ফানেল ও থার্মোমিটার যুক্ত পাতনফ্লাস্কে পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে বালিগাহে অথবা অ্যাসবেস্টস বোর্ডের উপর বসাইয়া অল্প উষ্ণ করার পর উহার মধ্যে বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের (7 : 4 আয়তনিক অনুপাতে) মিশ্রণ ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। পাতনফ্লাস্কের নির্গম নল লীবিক শীতক ও উপযোজকের মাধ্যমে বরফজলে শীতলীকৃত গ্রাহকপাত্রে সংযুক্ত থাকে। লীবিক শীতককেও হিমশীতল জল প্রবাহিত করিয়া শীতল রাখা হয়। বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন

অ্যাসিট্যালডিহাইড কিছু অবিকৃত অ্যালকোহল ও জলসহ গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয়। উহাতে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া অধিকাংশ জল দূরীভূত করিবার পর পাতিত করিলে মোটামুটি বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।



চিত্র 8.2 পরীক্ষাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতি

বিশুদ্ধীকরণ : উপরি-উক্ত প্রণালীতে প্রস্তুত অ্যাসিট্যালডিহাইডের ইথার দ্রবণ লইয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করিলে অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়ার যুতযৌগ, কেলাসের আকারে অধঃক্ষিপ্ত হয়। কেলাসগুলিকে ফিলটার কাগজের গাত্রে শুষ্ক করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড সহ পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$CH_3CH_2OH + [O] \xrightarrow{H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7} CH_3CHO + H_2O$$

(2) অ্যাসিট্যালডিহাইড শিল্পোৎপাদনের জন্য ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে বায়ুর উপস্থিতিতে সিলভার অনুঘটকের উপর দিয়া 550°C তাপমাত্রায় চালিত করা হয় ;

$$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[550^\circ C]{Ag} 2CH_3CHO + 2H_2O$$

যে সব দেশে প্রচুর কার্বোহাইড্রেট উৎপন্ন হয় এবং সন্ধান প্রক্রিয়ায় সুলভে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন করা যায়, সেই সব দেশে এই পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড (85% হইতে 95% রূপান্তর) প্রস্তুত করা হয়।

(3) অপরপক্ষে যে সব দেশে বিদ্যুৎশক্তি সুলভ এবং সস্তায় ক্যালসিয়াম কার্বাইড তথা অ্যাসিটিলিন উৎপাদন করা যায়, সেই সব দেশে অ্যাসিটিলিন হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়। এজন্য অ্যাসিটিলিনকে মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে 20-25% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে 60°-80°C তাপমাত্রায় চালিত করা হয়। তাপমোচী বিক্রিয়ার ফলে দ্রবণ 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত হয় এবং অ্যাসিট্যালডিহাইড বাষ্পাকারে নির্গত হইয়া শীতকে তরলীভূত হইতে থাকে ;

$$CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow[20\%H_2SO_4]{HgSO_4} CH_3CHO$$

জার্মানিতে প্রচলিত এক আধুনিক বিকল্প পদ্ধতিতে মারকারি লবণের সাহায্য ব্যতীতই অ্যাসিটিলিন হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপাদন করা হইতেছে।

এই পদ্ধতিতে (রেপে পদ্ধতি) প্রথমে সোডিয়াম মিথক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চতর চাপ ও উষ্ণতায়, অ্যাসিটিলিন ও মিথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় মিথাইল ভিনাইল ইথার প্রস্তুত করা হয়। পরবর্তী পর্যায়ে মিথাইল ভিনাইল ইথারকে অতি লঘু ফসফোরিক অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে উচ্চতর তাপমাত্রায় আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায় ;

$$CH\equiv CH + CH_3OH \xrightarrow{CH_3ONa} \underset{\text{মিথাইল ভিনাইল ইথার}}{CH_2=CH-OCH_3}$$

$$CH_2=CH-OCH_3 + H_2O \xrightarrow{H_3PO_4} CH_3CHO + CH_3OH$$

পুনরুৎপন্ন মিথাইল অ্যালকোহলকে পুনরায় মিথাইল ভিনাইল ইথার প্রস্তুত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

(4) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট ও ক্যালসিয়াম ফরমেট লবণের মিশ্রণ শুষ্ক পাতিত করিলে ফর্ম্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের সঙ্গে অ্যাসিট্যালডিহাইডও উৎপন্ন হয় ; $(CH_3COO)_2Ca + (HCOO)_2Ca \rightarrow 2CH_3CHO + 2CaCO_3$

(5) অতিরিক্ত ইথাইল ফর্মেটের সহিত মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইডের (গ্রিগনার্ড বিকারক) বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$HCOOC_2H_5 + CH_3MgI \rightarrow \begin{array}{c} OMgI \\ | \\ HC-OC_2H_5 \\ | \\ CH_3 \end{array} \rightarrow CH_3CHO + Mg(OC_2H_5)I$$

(6) প্যালাডিয়াম অনুঘটক এবং বেরিয়াম সালফেট অনুঘটক বিষের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিল ক্লোরাইডকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া (রোজেনমুণ্ড বিজারণ) অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায় ;

$$CH_3COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} CH_3CHO + HCl$$

(7) অ্যাসিটোনাইট্রাইল বা মিথাইল সায়ানাইডকে ইথার দ্রবণে অনার্দ্র

স্টানাস ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সাহায্যে বিজারিত করিবার পর আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলেও অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ;

$$CH_3C\equiv N+HCl\rightarrow CH_3C(Cl)=NH$$

$$CH_3C(Cl)=NH + 2[H] \rightarrow CH_3C(H)=NH + HCl \;;$$

$$CH_3CH=NH+H_2O\rightarrow CH_3CHO+NH_3$$

8.10 অ্যাসিট্যালডিহাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ অ্যাসিট্যালডিহাইড বর্ণহীন ঝাঁঝালো শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল (স্ফুটনাঙ্ক 21°C)। ইহা জল, অ্যালকোহল, ইথার বা বেঞ্জিনের সহিত যে-কোন অনুপাতে মিশ্রিত হইয়া সমসত্ত্ব দ্রবণ গঠন করে। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·80।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) **দহন ঃ** ইহা বায়ুতে প্রদীপ্ত শিখায় প্রজ্বলিত হইয়া কার্বনডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে ;

$$2CH_3CHO+5O_2\rightarrow 4CO_2+4H_2O$$

(2) **বিজারণ ক্ষমতা ঃ** অ্যাসিট্যালডিহাইডের উত্তম বিজারণ ক্ষমতা আছে বলিয়া সহজেই জারিত হয়।

অ্যাসিট্যালডিহাইডকে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে জারিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় : $CH_3CHO+[O]\rightarrow CH_3COOH$

উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড বা অ্যাসিটেটের উপর দিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড ও বায়ুর মিশ্রণ চালনা করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয় ;

$$2CH_3CHO+O_2\xrightarrow{MnO}2CH_3COOH$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড টোলেন বিকারক বা অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ এবং উত্তপ্ত ফেলিংস দ্রবণ হইতে কিউপ্রাস অক্সাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে ;

$$CH_3CHO+Ag_2O\xrightarrow{\text{টোলেন বিকারক}}CH_3COOH+2Ag$$

$$CH_3CHO+2CuO\xrightarrow{\text{উত্তপ্ত ফেলিংস দ্রবণ}}CH_3COOH+Cu_2O$$

কিন্তু সিলেনিয়াম ডাইঅক্সাইডের সাহায্যে জারিত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড জারিত হইয়া গ্লাইঅক্সাল উৎপন্ন করে ;

$$CH_3CHO+SeO_2\longrightarrow Se+H_2O+\underset{\text{CHO}}{\overset{\text{CHO}}{|}}\quad(\text{গ্লাইঅক্সাল})$$

(3) **জারণ ক্ষমতা ঃ** অ্যাসিট্যালডিহাইডের জারণ ক্ষমতাও আছে এবং তাই ইহা সহজেই বিজারিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

যেমন সোডিয়াম ও অ্যালকোহল বা সোডিয়াম পারদ সংকর ও জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন অ্যাসিট্যালডিহাইডকে বিজারিত করিয়া ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত করে ;

$$CH_3CHO + 2[H] \xrightarrow{Na/Hg + \text{জল}} CH_3CH_2OH \text{ (ইথাইল অ্যালকোহল)}$$

200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড বাষ্প ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ চালিত করিলেও ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ;

$$CH_3CHO + H_2 \xrightarrow[200°C]{Ni} CH_3CH_2OH$$

সোডিয়াম হাইড্রাইড বা লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডের মত বিজারক-গুলিও অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করে। কিন্তু বিজারণের জন্য জিঙ্ক পারদসংকর ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ইথেনে পরিণত হয় ; এইরূপ বিক্রিয়াকে ক্লিমেনসন বিজারণ বলে।

$$CH_3CHO + 4[H] \xrightarrow[\text{গাঢ়}\ HCl]{Zn/Hg} C_2H_6 + H_2O$$

ক্লিমেনসেন বিজারণে অ্যালডিহাইড বা কিটোন সরাসরি সংশ্লিষ্ট হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয়।

মেরভাইন-পনডর্ফ-ভার্লে (Meerwein-Pondorf-Verley) বিজারণ পদ্ধতি অনুসারেও অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রোপাইলেট মিশ্রিত আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল ব্যবহার করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডকে ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারণ করা যায় ;

$$CH_3CHO + CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}OH \xrightarrow{\text{অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রোপাইলেট}} CH_3CH_2OH + CH_3\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}O$$

(4) **যুত বিক্রিয়া ঃ** অন্যান্য অ্যালডিহাইডের (ফর্ম্যালডিহাইড ব্যতীত) ন্যায় অ্যাসিট্যালডিহাইড হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া ও সোডিয়াম বাইসালফাইটের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে অ্যাসিট্যালডিহাইড সায়ানোহাইড্রিন, অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যৌগ এবং অ্যাসিট্যালডিহাইড বাইসালফাইট যৌগ গঠন করে ;

$$CH_3\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}H + HCN \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CN}{|}}{C}}\text{—}H$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড —সায়ানোহাইড্রিন

$$CH_3\text{—}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{—}H + NH_3 \rightarrow CH_3\text{—}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{NH_2}{|}}{C}}\text{—}H$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যৌগ

$$CH_3\text{—}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{—}H + NaHSO_3 \rightarrow CH_3\text{—}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{SO_3Na}{|}}{C}}\text{—}H$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড সোডিয়াম বাইসালফাইট যৌগ

অ্যাসিট্যালডিহাইড গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গেও একটি যুত যৌগ গঠন করে যাহাকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল পাওয়া যায় ;

$$CH_3\underset{\underset{O}{\|}}{C}H + CH_3MgI \rightarrow CH_3\text{—}\underset{\underset{OMgI}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}\text{—}H \xrightarrow{+H_2O} CH_3\text{—}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}\text{—}H + MgIOH$$

(5) **কনডেনসেশন বিক্রিয়া ঃ** অন্যান্য অ্যালডিহাইডের ন্যায় অ্যাসিট্যালডিহাইড হাইড্রক্সিল অ্যামিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন, হাইড্রাজিন ও সেমিকার্বাজাইডের সহিত বিক্রিয়ায় জলের অণু অপনয়ন করিয়া সংশ্লিষ্ট অ্যালডক্সাইম ফিনাইল হাইড্রাজোন, হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোনে পরিণত হয় ;

$CH_3CHO + NH_2OH \rightarrow H_2O + CH_3CH{=}NOH$ (অ্যালডক্সাইম)

$CH_3CHO + NH_2\text{-}NHC_6H_5 \rightarrow H_2O + CH_3CH{=}N\text{-}NHC_6H_5$
(ফিনাইল হাইড্রাজোন)

$CH_3CHO + NH_2\text{-}NH_2 \rightarrow H_2O + CH_3CH{=}N.NH_2$ (হাইড্রাজোন)

$CH_3CHO + NH_2NHCONH_2 \rightarrow H_2O + CH_3CH{=}N{\cdot}NHCONH_2$
(সেমিকার্বাজোন)

(6) **অ্যাসিটাল গঠন ঃ** হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অথবা গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইড দুই অণু অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটাল গঠন করে ;

$$CH_3CHO + 2C_2H_5OH \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটাল}}{CH_3CH(OC_2H_5)_2} + H_2O$$

(7) **হ্যালোজেনের সহিত বিক্রিয়া :** ক্লোরিন অ্যাসিট্যালডিহাইডের ∝-কার্বনে সংযুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিকে প্রতিস্থাপিত করিয়া ক্লোরাল গঠন করে ;

$CH_3CHO + 3Cl_2 \rightarrow 3HCl + CCl_3CHO$ (ক্লোরাল)

উৎপন্ন ক্লোরাল সহজেই জলের সহিত যুক্ত হইয়া ক্লোরাল হাইড্রেটে পরিণত হইতে পারে ;

$$\underset{\displaystyle \overset{|}{H}}{CCl_3C}=O + H_2O \rightarrow CCl_3CH\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix}$$ (ক্লোরাল হাইড্রেট)

সাধারণত একই কার্বন পরমাণুতে দুইটি হাইড্রক্সিল মূলক সংযুক্ত থাকিলে যৌগ অত্যন্ত অস্থিত হয় এবং অনতিবিলম্বে জল অণু ত্যাগ করিয়া কার্বনিল মূলক উৎপন্ন করে। কিন্তু ক্লোরাল হাইড্রেটের ∝-কার্বনে তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর উপস্থিতির জন্য যৌগটি অত্যন্ত সুস্থিত।

ব্রোমিন ও আয়োডিনও অ্যাসিট্যালডিহাইডের সহিত অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে ব্রোমাল ও আয়োডাল উৎপন্ন করে।

ক্ষারীয় দ্রবণের উপস্থিতিতে উপরি-উক্ত বিক্রিয়া সংঘটিত হইলে উৎপন্ন ক্লোরাল (অথবা ব্রোমাল বা আয়োডাল) আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া ক্লোরোফর্মে (অথবা ব্রোমোফর্ম বা আয়োডোফর্মে) পরিণত হয় ;

$$CCl_3CHO + NaOH \rightarrow \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + \underset{\text{সোডিয়াম ফর্মেট}}{HCOONa}$$

(8) **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া :** ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড ইথিলিডিন ক্লোরাইডে পরিণত হয়, কিন্তু অ্যাসিট্যালডিহাইডে হাইড্রক্সিল মূলক নাই বলিয়া ঐরূপ বিক্রিয়ার ফলে কোন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় না ;

$$CH_3CHO + PCl_5 \rightarrow \underset{\text{ইথিলিডিন ক্লোরাইড}}{CH_3CHCl_2} + POCl_3$$

(9) **অ্যালডল কনডেনসেশন :** সাধারণ তাপমাত্রায় বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ, লঘু অ্যাসিড বা জিঙ্কক্লোরাইডের উপস্থিতিতে দুই অণু অ্যাসিট্যালডিহাইড একত্রিত হইয়া অ্যালডল বা β হাইড্রক্সিবিউটির‍্যালডিহাইডে (3-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল) পরিণত হয়

$$CH_3CHO + HCH_2CHO \rightarrow \underset{\text{3-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল (অ্যালডল)}}{CH_3\text{-}CH(OH)CH_2CHO}$$

সক্রিয় ∝-মিথিলিন মূলক (অর্থাৎ $>CO$ মূলক সংযুক্ত $>CH_2$ মূলক) আছে এমন সব অ্যালডিহাইডই উপরি-উক্ত উপায়ে বিক্রিয়া করে। বিক্রিয়াজাত যৌগে একই সঙ্গে অ্যালডিহাইডো এবং অ্যালকোহলীয় হাইড্রক্সিল মূলক অর্থাৎ অ্যালডিহাইড

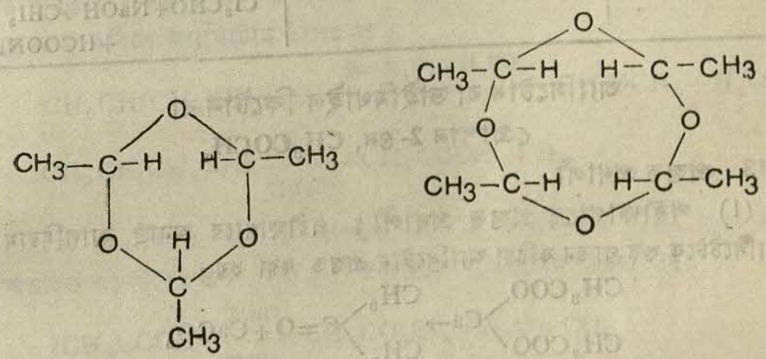
ও অ্যালকোহলের ধর্ম উপস্থিত থাকে বলিয়া উহাকে অ্যালডল (অ্যালড+অল) বলা হয়। অ্যাসিট্যালডলকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে পাতিত করিলে উহা নিরুদিত হইয়া ক্রোটন্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

$$CH_3CH(OH)CH_2CHO \xrightarrow{-H_2O} CH_3CH{=}CHCHO$$

(10) **টিশেঙ্কো এস্টার গঠন** বিক্রিয়া (Tischenko esterification) : ∝-কার্বনে হাইড্রোজেন আছে বলিয়া ক্যানিজেরো বিক্রিয়া করিবার ক্ষমতা না থাকিলেও, অ্যাসিট্যালডিহাইড শুষ্ক অ্যালুমিনিয়াম ইথাইলেটের (ব্যবহৃত অ্যাসিট্যালডিহাইডের 3-5%) উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যাসিটেটে পরিণত হয় ;

$$2CH_3CHO \xrightarrow{(C_2H_5O)_3Al} CH_3COOC_2H_5$$ (ইথাইল অ্যাসিটেট)

(11) **পলিমারাইজেশন :** অনার্দ্র তরল অ্যাসিট্যালডিহাইডে কয়েক বিন্দু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে প্রচুর তাপ নির্গত করিয়া একটি তরল, তিন অণু সংযুক্ত বৃত্তীয় পলিমার, প্যারা অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। অপর-পক্ষে 0°C-এর নিম্নতর তাপমাত্রায় অ্যাসিট্যালডিহাইডে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালিত করিলে অথবা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিলে, একটি কঠিন, চার অণু সংযুক্ত বৃত্তীয় পলিমার, মেটা অ্যালডিহাইড গঠিত হয়। প্যারা অ্যাল-ডিহাইডের ঘুমের ঔষধ হিসাবে এবং মেটা অ্যালডিহাইডের কঠিন জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার আছে।



আবার কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড জটিল গঠনের অদ্রাব্য রেজিন সদৃশ পলিমারে পরিণত হয়।

8.11 ব্যবহার

(1) অ্যাসিট্যালডিহাইডকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথাইল অ্যালকোহল, ইথাইল অ্যাসিটেট ইত্যাদি পণ্যোৎপাদনের জন্য ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

(2) রঞ্জকদ্রব্য প্রস্তুতিতে এবং বুনা রবারের উপাদান বিউটাডাইন প্রস্তুতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইডকে ব্যবহার করা হয়।

(3) ঘুমের ঔষধ প্যারা অ্যালডিহাইড, কঠিন জ্বালানী মেটা অ্যালডিহাইড ও অ্যালডল প্রস্তুতিতেও অ্যাসিট্যালডিহাইড ব্যবহৃত হয়।

8.12 ফর্ম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের পার্থক্য

বিকারক	ফর্ম্যালডিহাইড	অ্যাসিট্যালডিহাইড
(1) শুষ্ক NH_3	কেলাসাকার হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন গঠিত হয় ; $6CH_2O+4NH_3 \rightarrow (CH_2)_6N_4 + 6H_2O$	অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যুতযৌগ গঠিত হয় ; $CH_3CHO+NH_3 \rightarrow CH_3CH(OH)NH_2$
(2) গাঢ় NaOH দ্রবণ	ক্যানিজেরো বিক্রিয়ায় মিথানল ও সোডিয়াম ফর্মেট উৎপন্ন হয়, $2CH_2O+NaOH \rightarrow CH_3OH+HCOONa$	উত্তপ্ত করিলে রেজিন উৎপন্ন হয়। NaOH দ্রবণ খুব লঘু হইলে অ্যালডল কনডেনসেশন হয় ; $2CH_3CHO \rightarrow CH_3CH(OH)-CH_2CHO$
(3) ফেনল	ক্ষারীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে পলিকনডেনসেশন বিক্রিয়ায় ফেনল ফর্ম্যালডিহাইড রেজিন উৎপন্ন হয়।	পলিকনডেনসেশন হয় না।
(4) I_2+NaOH দ্রবণ	বিক্রিয়া হয় না।	হলুদবর্ণ আয়োডোফর্ম অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $CH_3CHO+3I_2 \rightarrow CI_3CHO+3HI$ $CI_3CHO+NaOH \rightarrow CHI_3+HCOONa$

অ্যাসিটোন বা ডাইমিথাইল কিটোন বা প্রোপান 2-ওন, CH_3COCH_3

8.13 প্রস্তুত প্রণালী

(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী ঃ** পরীক্ষাগারে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে শুষ্ক পাতন করিয়া অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয় ;

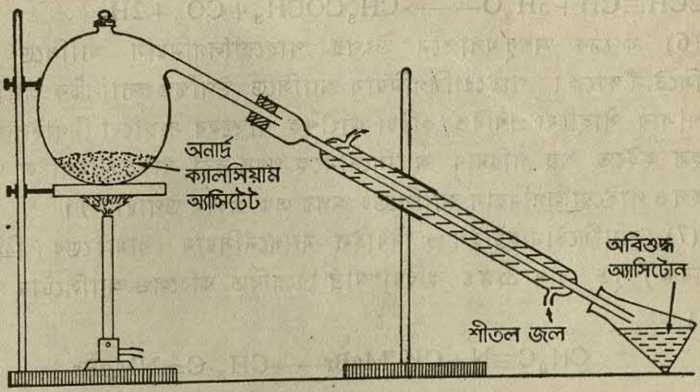
$$\begin{matrix} CH_3COO \\ CH_3COO \end{matrix} \Big> Ca \rightarrow \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \Big> C=O + CaCO_3$$

অ্যাসিটোন

একটি কাচের রিটর্টে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট লইয়া উহাকে শীতলজলে শীতলীকৃত লীবিক শীতকের মাধ্যমে গ্রাহকপাত্রের সহিত সংযুক্ত করা হয়। অতঃপর রিটর্টটিকে তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে নির্গত অ্যাসিটোন বাষ্প শীতকে তরলীভূত হইয়া গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয়।

বিশুদ্ধীকরণ ঃ এইরূপে প্রাপ্ত অ্যাসিটোন বিশুদ্ধ নহে। ইহার সহিত সম্পৃক্ত সোডিয়াম বাইসালফাইট দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া ঝাঁকাইলে কেলাসাকার

অ্যাসিটোন-বাইসালফাইট যুত যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপকে পৃথক করিয়া সম্পৃক্ত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশাইয়া পাতিত করিলে সামান্য জলযুক্ত অ্যাসি-



চিত্র 8.3 পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন প্রস্তুতি

টোন পাওয়া যায়। ইহাকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সাহায্যে শুষ্ক করিয়া পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

(2) আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলকে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে জারিত করিলে অথবা উহার বাষ্পকে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনচ্যুত (Dehydrogenate) করিলে অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয়;

$$CH_3CH(CH_3)OH + [O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} CH_3COCH_3 + H_2O$$

$$CH_3CH(CH_3)OH \xrightarrow[250^\circ C]{Cu} CH_3COCH_3 + H_2$$

(3) অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাষ্পকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়;

$$2CH_3COOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO} CH_3COCH_3 + H_2O + CO_2$$

(4) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প ও স্টিমের মিশ্রণকে 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ক্ষারযুক্ত ফেরিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিয়া অনেক দেশে অ্যাসিটোন শিল্পোৎপাদন করা হয়;

$$2C_2H_5OH + H_2O \xrightarrow[450^\circ C]{Fe_2O_3} CH_3COCH_3 + CO_2 + 4H_2$$

(5) অপর এক শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে অ্যাসিটিলিন ও স্টিমের মিশ্রণকে উত্তপ্ত জিঙ্কঅক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিয়া অ্যাসিটোনে পরিণত করা হয় ;

$$2CH{\equiv}CH + 3H_2O \xrightarrow{ZnO} CH_3COCH_3 + CO_2 + 2H_2$$

(6) কাঠের অন্তর্ধূমপাতনে উৎপন্ন পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে 0·5% অ্যাসিটোন থাকে। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে উপস্থিত অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে চুনগোলার সাহায্যে প্রশমিত করিয়া আংশিক পাতনের সাহায্যে মিথাইল অ্যাল-কোহল হইতে অল্প পরিমাণ অ্যাসিটোনকে পৃথক করা যায় (মিথাইল অ্যাল-কোহলও পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডের অপর এক প্রধান উপাদান)।

(7) অ্যাসিটোনাইট্রাইল ও মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইডের (গ্রিগনার্ড বিকারক) যুত যৌগ প্রস্তুত করিয়া আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলেও অ্যাসিটোন পাওয়া যায় ;

$$CH_3C{\equiv}N + CH_3MgBr \longrightarrow CH_3\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}NMgBr$$

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}NMgBr + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}NH + MgBrOH$$

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}NH + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}O + NH_3$$

8.14 অ্যাসিটোনের ধর্ম :

ভৌতধর্ম : অ্যাসিটোন বর্ণহীন, বৈশিষ্ট্যসূচক মিষ্টগন্ধযুক্ত ও ঝাঁঝালো স্বাদযুক্ত, সহজদাহ্য তরল। স্ফুটনাঙ্ক 56·5°C, আপেক্ষিক গুরুত্ব 20°C তাপমাত্রায় 0·797। ইহা জল, অ্যালকোহল ও ইথারের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশ্রিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম :

(1) **তাপবিয়োজন :** 600°-700°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটোন তাপবিয়োজিত হইয়া কিটিন নামক বর্ণহীন অত্যন্ত সক্রিয় গ্যাসে পরিণত হয়, যাহা পলিমারাইজেশন বিক্রিয়ায় ডাইকিটিন উৎপন্ন করে ;

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{600°\text{-}700°C} CH_2{=}C{=}O\ (\text{কিটিন}) + CH_4$$

$$2CH_2{=}CO \longrightarrow CH_3COCH{=}CO\ (\text{ডাইকিটিন})$$

(2) **অ্যাসিটোনের জারন :** কার্বনিল মূলকের সহিত হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত না থাকায় অ্যাসিটোনকে সাধারণ জারকদ্রব্যের সাহায্যে জারিত করা যায় না। তবে তীব্র জারকদ্রব্য যেমন পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড

অথবা ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটোন জারিত হইয়া কমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে ;

$$CH_3COCH_3 + 4[O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} CH_3COOH + CO_2 + H_2O$$

বায়ুতে দহন করিলেও অ্যাসিটোন নীল শিখাসহ জ্বলে এবং বিয়োজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় ;

$$CH_3COCH_3 + 4O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 3H_2O$$

অ্যাসিটোনের ∝-কার্বনে সংযুক্ত একটি হাইড্রোজেনকে, নির্জল ইথার দ্রবণে সোডিয়াম ধাতুর অথবা সোডামাইডের সহিত বিক্রিয়ায়, সোডিয়াম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ সদৃশ যৌগ উৎপন্ন করা যায় ;

$$CH_3COCH_3 + NaNH_2 \rightarrow [CH_3COCH_2]^- Na^+ + NH_3$$

কিন্তু অ্যালডিহাইডের মত অ্যাসিটোনকে টোলেন বিকারক বা ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে জারিত করা যায় না।

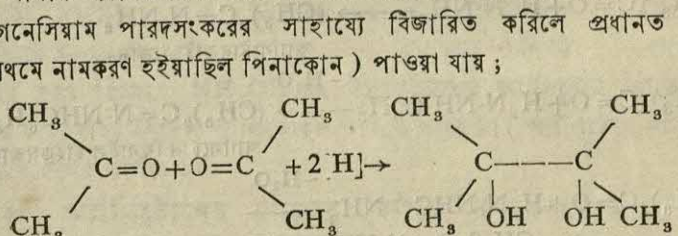
(3) **অ্যাসিটোনের বিজারণ :** অ্যাসিটোনের জারক ধর্ম আছে এবং ইহাকে সহজেই ধাতব সোডিয়াম ও জল অথবা সোডিয়াম পারদ সংকর ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলে পরিণত করা যায় ;

$$CH_3COCH_3 + 2[H] \xrightarrow[\text{জল}]{Na/Hg} CH_3CH(OH)CH_3$$

অন্যান্য কার্বনিলমূলকযুক্ত যৌগের মত অ্যাসিটোনও ক্লিমেনসন বিজারণ পদ্ধতিতে, জিঙ্কপারদসংকর ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াজাত জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে বিজারিত হইয়া প্রোপেন উৎপন্ন করে ;

$$CH_3COCH_3 + 4[H] \xrightarrow{Zn/Hg,\ \text{গাঢ়}\ HCl} CH_3CH_2CH_3 + H_2O$$

আবার অ্যাসিটোনকে তড়িৎ বিজারণ করিলে অথবা সোডিয়াম পারদসংকর বা ম্যাগনেসিয়াম পারদসংকরের সাহায্যে বিজারিত করিলে প্রধানত পিনাকল (প্রথমে নামকরণ হইয়াছিল পিনাকোন) পাওয়া যায় ;



পিনাকল

(4) **যুতযৌগ গঠন :** অ্যালডিহাইডের ন্যায় অ্যাসিটোনও হাইড্রোসায়নিক অ্যাসিড, সোডিয়াম বাইসালফাইট, অথবা গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত যুতযৌগ

গঠন করিতে পারে, কিন্তু অ্যামোনিয়ার সহিত যুতবিক্রিয়া না হইয়া কনডেনসেশন বিক্রিয়া হয় ;

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3+HCN\rightarrow CH_3-\overset{\overset{CN}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CH_3$$ অ্যাসিটোন সায়ানোহাইড্রিন

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3+NaHSO_3\rightarrow CH_3-\overset{\overset{SO_3Na}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CH_3$$ (অ্যাসিটোন বাই-সালফাইট যৌগ)

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3+CH_3MgI\rightarrow CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{OMgI}{|}}{C}}-CH_3$$

কিটোন ও গ্রিগনার্ড বিকারকের যুতযৌগকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে টারসিয়ারি অ্যালকোহল পাওয়া যায় ;

$$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{OMgI}{|}}{C}}-CH_3+H_2O\rightarrow CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CH_3$$ (টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল)

(5) **কনডেনসেশন বিক্রিয়া :** অ্যালডিহাইডের ন্যায় অ্যাসিটোন এবং অন্যান্য কিটোন হাইড্রক্সিল অ্যামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন ও সেমি-কার্বাজাইডের সহিত কনডেনসেশন বিক্রিয়া করে ;

$$(CH_3)_2C=O+H_2N\text{-}OH\xrightarrow{-H_2O}(CH_3)_2C=N\text{-}OH$$ (অ্যাসিটোক্সাইম)

$$(CH_3)_2C=O+H_2N\text{-}NH_2\xrightarrow{-H_2O}(CH_3)_2C=N\text{-}NH_2$$
অ্যাসিটোন হাইড্রাজোন

$$(CH_3)_2C=O+H_2N\text{-}NH\text{-}C_6H_5\xrightarrow{-H_2O}(CH_3)_2C=N\text{-}NHC_6H_5$$
অ্যাসিটোন ফিনাইল হাইড্রাজোন

$$(CH_3)_2C=O+H_2N\text{-}NHCO\text{-}NH_2\xrightarrow{-H_2O}(CH_3)_2C=N\text{-}NHCONH_2$$ (অ্যাসিটোন সেমিকার্বাজোন)

সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া অ্যাসিটোনের সহিত যুতবিক্রিয়া না করিয়া কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় প্রধানত ডাইঅ্যাসিটোন অ্যামিন (কিছু ট্রাইঅ্যাসিটোন

অ্যামিন সমেত) গঠন করে। প্রথমে অ্যামোনিয়ার প্রভাবে, দুই অণু অ্যাসিটোনের কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় মেসিটিল অক্সাইড উৎপন্ন হয় ;

$$(CH_3)_2C=O+H_2CHCOCH_3 \xrightarrow{-H_2O} (CH_3)_2C=CHCOCH_3$$

মেসিটিল অক্সাইড

পরে উৎপন্ন মেসিটিল অক্সাইডের দ্বিবন্ধনে অ্যামোনিয়া যুক্ত হইয়া উহাকে ডাই-অ্যাসিটোন অ্যামিনে পরিণত করে ;

$$(CH_3)_2C=CHCOCH_3+NH_3 \rightarrow (CH_3)_2C(NH_2)CH_2COCH_3$$

তবে খুব নিম্ন তাপমাত্রায় (−60°C) অ্যাসিটোন অ্যালডিহাইডের মতই অ্যামোনিয়ার সহিত সংযুক্ত হইয়া একটি অস্থিত অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়া যুতযৌগ গঠন করে ;

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=O+NH_3 \xrightarrow{-60°C} CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle NH_2}{\overset{|}{C}}}}-OH$$

(অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়া)

(6) **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়া :** এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোন 2, 2-ডাইক্লোরো প্রোপেনে পরিণত হয় ; কিন্তু অ্যাসিটোনে হাইড্রক্সিল মূলক না থাকায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় না ;

$$CH_3COCH_3+PCl_5 \rightarrow POCl_3+CH_3CCl_2CH_3$$

2, 2-ডাইক্লোরো প্রোপেন

(7) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া :** ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিন অ্যাসিটোনকে ট্রাইহ্যালো অ্যাসিটোনে পরিণত করে যাহা ক্ষারীয় দ্রবণ উপস্থিত থাকিলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হ্যালোফর্মে পরিণত হয় ;

$$CH_3COCH_3+3X_2 \longrightarrow CX_3COCH_3+3HX$$

$$CX_3COCH_3 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + CHX_3$$

(যেখানে X=Cl, Br বা I) সোডিয়াম অ্যাসিটেট হ্যালোফর্ম

ক্ষারীয় দ্রবণ হিসাবে NH_4OH-এর উপস্থিতিতেও অ্যাসিটোন আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে, যাহা ইথাইল অ্যালকোহল করিতে পারে না (অ্যাসিটোন ও ইথাইল অ্যালকোহলের পার্থক্য)।

(8) **অ্যাসিটোনের নিজের সহিত কনডেনসেশন :** উপযুক্ত বিকারকের প্রভাবে একাধিক অ্যাসিটোন অণু কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়া বৃহত্তর অণু গঠন করিতে পারে।

বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের ন্যায় ক্ষারকীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে দুই অণু অ্যাসিটোন অ্যালডল কনডেনসেশন সদৃশ বিক্রিয়ায় পরস্পর সংযুক্ত হইয়া ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহলে পরিণত হয় (স্থূলভাবে এইরূপ বিক্রিয়াকে কনডেন-

সেশন নামে অভিহিত করা হইলেও, ইহার ফলে প্রকৃত কনডেনসেশন বিক্রিয়ার মত জল ইত্যাদি সরল যৌগের অণু অপসারিত হয় না) ;

$$(CH_3)_2C{=}O + HCH_2COCH_3 \xrightarrow{Ba(OH)_2} (CH_3)_2C(OH){-}CH_2COCH_3$$

(ডাইঅ্যাসিটোন-অ্যালকোহল)

যৎসামান্য অজৈব অ্যাসিড বা আয়োডিনের উপস্থিতিতে ডাইঅ্যাসিটোন-অ্যালকোহলকে উষ্ণ করিলে উহা এক অণু জল ত্যাগ করিয়া মেসিটিল অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$$(CH_3)_2C(OH){-}CH_2COCH_3 \xrightarrow{-H_2O} (CH_3)_2C{=}CHCOCH_3$$

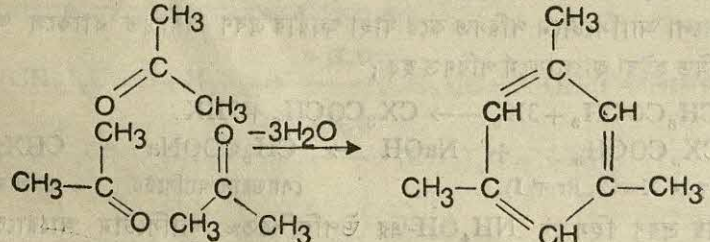
মেসিটিল অক্সাইড

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রভাবে তিন অণু অ্যাসিটোন কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় ফোরনে পরিণত হয় ;

$$(CH_3)_2C{=}O + H_2HCCOCHH_2 + O{=}C(CH_3)_2 \xrightarrow{-2H_2O} (CH_3)_2C{=}CHCOCH{=}C(CH_3)_2$$

(ফোরন)

আবার গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রভাবে তিন অণু অ্যাসিটোন কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় মেসিটিলিন নামে এক অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে ;



মেসিটিলিন

কনডেনসেশন বিক্রিয়া : যে বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক ভিন্ন বা অভিন্ন পদার্থের অণু জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া ইত্যাদির মত সরল অণু বর্জন করিবার সঙ্গে সঙ্গে একত্রিত হইয়া মূল পদার্থ হইতে ভিন্নতর ও জটিলতর যৌগের অণুতে পরিণত হয়, তাহাকে কনডেনসেশন বিক্রিয়া বলে

8.15 পলিমারাইজেশন ও কনডেনসেশন বিক্রিয়ার পার্থক্য

পলিমারাইজেশন বিক্রিয়া	কনডেনসেশন বিক্রিয়া
(1) একই পদার্থের একাধিক অণু বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।	(1) ভিন্ন বা অভিন্ন পদার্থের একাধিক অণু বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিতে পারে।
(2) বিক্রিয়ার ফলে কোন সরল অণু উপজাত পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায় না।	(2) বিক্রিয়ার ফলে H_2O, HCl, NH_3 ইত্যাদি সরল অণু উপজাত পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায়।
(3) বিক্রিয়াজাত পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বিক্রিয়কের আণবিক গুরুত্বের সরল গুণিতক।	(3) বিক্রিয়াজাত পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বিক্রিয়কের আণবিক গুরুত্বের সরল গুণিতক নাও হইতে পারে।
(4) সর্বদা নূতন কার্বন-কার্বন বন্ধন গঠিত হয়।	(4) নূতন কার্বন-কার্বন বন্ধন সর্বদা গঠিত হয় না।
(5) বিক্রিয়া উভমুখী হইতে পারে।	(5) সাধারণত বিক্রিয়া একমুখী।
(6) সাধারণত অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটে।	(6) অনেক সময় অনুঘটক ব্যতীতই এই বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।

8.16 অ্যাসিটোনের ব্যবহার

(1) নাইট্রোসেলুলোজ ল্যাকার, সেলুলোজ অ্যাসিটেট ও সেলুলয়েডের দ্রাবক হিসাবে ; (2) ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্মের উৎপাদনে ; (3) মিথাইল-মিথাক্রিলেট প্লাস্টিক (প্লেক্সিগ্লাস বা অভঙ্গুর কাঁচ) উৎপাদনে ; (4) ধূম্রহীন বারুদ, সালফোন্যাল নামক ঔষধ, আইয়োল নামক সুগন্ধী প্রস্তুতিতে ; (5) উচ্চ-চাপে অ্যাসিটিলিনের দ্রাবক হিসাবে এবং অন্যান্য বহু কার্যে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়।

8.17 অ্যালডিহাইড ও কিটোনের তুলনা

উভয় প্রকার যৌগই (1) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় সায়ানোহাইড্রিন, (2) সোডিয়াম বাইসালফাইটের সহিত বিক্রিয়ায় বাইসাল-ফাইট যুতযৌগ, (3) হাইড্রক্সিল অ্যামিনের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সাইম, (4) হাইড্রাজিনের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রাজোন, (5) ফিনাইল হাইড্রাজিনের সহিত বিক্রিয়ায় ফিনাইল হাইড্রাজোন, (6) গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত যুতযৌগ এবং (7) ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় জেম ডাইক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

কিন্তু নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে উভয় শ্রেণীর যৌগ বিভিন্ন রূপ আচরণ করে :

	অ্যালডিহাইড	কিটোন
(1) বিজারণ	প্রাইমারি অ্যালকোহল	সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল।
(2) জারণ	সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিড	কমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিড।
(3) অ্যামোনিয়া	অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া (যুত যৌগ)	কিটোন অ্যামিন (কনডেনসেশন যৌগ)।
(4) ক্ষারীয় দ্রবণ	রেজিন (ফর্ম্যালডিহাইড ব্যতিক্রম)	রেজিন হয় না।
(5) পলিমারাই-জেশন	পলিমার পাওয়া যায়	পলিমার পাওয়া যায় না।
(6) অ্যালকোহল	অ্যাসিটাল জাতীয় যৌগ উৎপন্ন হয়	ঐরূপ যৌগ উৎপন্ন হয় না।
(7) শিফ বিকারক (SO_2 দ্বারা বর্ণহীন ম্যাজেন্টা দ্রবণ)	দ্রবণ লাল হইয়া উঠে	সহজে কোন পরিবর্তন হয় না।
(8) ফেলিং দ্রবণ +উত্তাপ	লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়	কোন পরিবর্তন হয় না।
(9) টোলেন বিকারক	সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে	কোন পরিবর্তন হয় না।

8.18 ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোনের পার্থক্যসূচক পরীক্ষা

(1) অ্যাসিটোনে সদ্য প্রস্তুত সোডিয়ামনাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ মিশাইয়া ফোঁটা ফোঁটা NaOH দ্রবণ যোগ করিলে কমলা-লাল বর্ণ উৎপন্ন হয় ; যাহা কিছুক্ষণ পরে হলুদবর্ণ ধারণ করে। কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহলে এইরূপ কোন রঙের পরিবর্তন হয় না।

(2) KI দ্রবণে I_2 দ্রবীভূত করিয়া উহার মধ্যে NH_4OH ও অ্যাসিটোন যোগ করার পর জলগাহে বসাইয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডোফর্মের বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত হলুদবর্ণ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। কিন্তু অ্যাসিটোনের পরিবর্তে ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হইলে অনুরূপ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না। তবে একই পরীক্ষায় NH_4OH-এর পরিবর্তে NaOH দ্রবণ ব্যবহৃত হইলে অ্যাসিটোন ও ইথানল উভয় যৌগই আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

(3) ইথাইল অ্যালকোহলে পুনঃপুনঃ উত্তপ্ত কপার স্পাইরাল ডুবাইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত করার পর পূর্ববর্ণিত অ্যালডিহাইড ও কিটোনের পার্থক্যসূচক বিক্রিয়াগুলির সাহায্যেও ইথানলকে অ্যাসিটোন হইতে পৃথকরূপে সনাক্ত করা যায়।

8 19 ফর্ম্যালডিহাইডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) ফর্ম্যালডিহাইডের লঘু (1%) দ্রবণের 2 cc-এর সহিত 1% ফিনাইল হাইড্রাজিন দ্রবণের 2 cc. ও 5% পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণের 1 cc.

মিশাইয়া উহার মধ্যে 5 cc. গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে গোলাপী লাল রঙ উৎপন্ন হয় (শ্রুইফারের রঙ পরীক্ষা, Schryver's colour test)। ইহা ফর্ম্যালডিহাইডের নিজস্ব পরীক্ষা।

(2) ফর্ম্যালডিহাইডের লঘু জলীয় দ্রবণের সহিত 1% ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড দ্রবণের 1 cc. এবং 1 cc. সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ মিশাইয়া অতিরিক্ত পরিমাণ কস্টিকসোডা দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণ ঘন নীলবর্ণ ধারণ করে।

(3) ফর্ম্যালডিহাইডকে উহার ঝাঁঝালো গন্ধ হইতেও সনাক্ত করা যায়।

8.20 অ্যাসিট্যালডিহাইডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) ইহা পিপারিডিন মিশ্রিত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণকে নীলবর্ণ করে। কিন্তু অতিরিক্ত লঘু কস্টিকসোডা দ্রবণযুক্ত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্বারা চেরি-লাল বর্ণ ধারণ করে।

(2) ইহা অন্যান্য অ্যালডিহাইডের ন্যায় অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে কালো রঙের সিলভার এবং ফেলিং দ্রবণ হইতে লাল রঙের কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। বর্ণহীন শিফ বিকারক ইহার সংস্পর্শে ম্যাজেণ্টা লাল-বর্ণ ধারণ করে।

(3) আয়োডিন ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্ম অধঃক্ষিপ্ত করে।

8.21 অ্যাসিটোনের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) অ্যাসিটোনের লঘু দ্রবণের সহিত সদ্যপ্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ মিশাইয়া উহার মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা কস্টিকসোডা দ্রবণ যোগ করিলে, দ্রবণ কমলা-লালবর্ণ ধারণ করে। পরে দ্রবণের রঙ হলুদ হইয়া যায়।

(2) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণকে পটাসিয়াম আয়োডাইডযুক্ত আয়োডিন দ্রবণ মিশাইয়া ঈষৎ বাদামীবর্ণে পরিণত করিবার পর অ্যাসিটোন যোগ করিয়া উষ্ণ করিলে বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদবর্ণ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় (ইথাইল অ্যালকোহল হইতে পার্থক্য)।

(3) অ্যাসিটোনকে উহার সেমিকার্বাজোন যৌগে পরিণত করিয়াও সনাক্ত করা যায়। অ্যাসিটোন সেমিকার্বাজোনের গলনাঙ্ক 187°C।

8.22 জৈব যৌগের পারস্পরিক রূপান্তর

(1) ফর্ম্যালডিহাইড হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং বিপরীত রূপান্তর :

$$\text{(A)}\quad \underset{\text{ফর্ম্যালডিহাইড}}{CH_2O} \xrightarrow[\text{[H]}]{Na/Hg+H_2O} \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH} \xrightarrow{P+I_2} \underset{\text{মিথাইল আয়োডাইড}}{CH_3I}$$

$$CH_3CH(OH)CH_2CH_2OH \xrightarrow{-H_2O} CH_2{=}CH-CH{=}CH_2$$

বিউটান 1 : 3 ডাইঅল   নিরুদন   বিউটাডাই-ইন

(2) অ্যাসিটোন হইতে মিথাক্রিলিক অ্যাসিড :

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{HCN} CH_3-\overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CN \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3-\overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-COOH$$

অ্যাসিটোন   অ্যাসিটোন সায়ানহাইড্রিন   β-হাইড্রক্সি আইসো-বিউটিরিক অ্যাসিড

$$\xrightarrow[-H_2O]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_2{=}\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}\rightarrow COOH$$

মিথাক্রিলিক অ্যাসিড

সার-সংক্ষেপ

প্রাইমারি অ্যালকোহলগুলির জারণের ফলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়, যাহাদের কার্যকরী মূলক $(-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H)$; যেমন ফর্ম্যালডিহাইড $(H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H)$ অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড $(CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H)$ ইত্যাদি।

কিন্তু সেকেণ্ডারি অ্যালকোহল জারিত হইলে কিটোন উৎপন্ন হয়, যাহাদের কার্যকরী মূলক $(-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-)$; যেমন অ্যাসিটোন $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ ।

কিন্তু উভয় শ্রেণীর যৌগেরই সাধারণ সংকেত অভিন্ন ; $C_nH_{2n}O$ ।

ফর্ম্যালডিহাইড (HCHO)

প্রস্তুতি : $2CH_3OH$ (বাষ্প) $+ O_2$ (বায়ু) $\xrightarrow[550°\text{-}600°C]{Cu} 2CH_2O + H_2O$

$$HCH_2OH + [O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \text{ গাঢ়}} HCHO + H_2O$$

$$(HCOO)_2Ca \xrightarrow[\text{10-20 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}]{\Delta} HCHO + CaCO_3$$

$$CH_4 + O_2 \xrightarrow[450°C,\ AlPO_4]{} HCHO + H_2O$$

ধর্ম : ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস; জলে খুব বেশি দ্রাব্য। 40% জলীয় দ্রবণকে ফর্ম্যালিন নামে বিক্রয় করা হয়।

$$HCHO+[O]\xrightarrow[K_2Cr_2O_7+H_2SO_4]{\text{ক্ষারীয় } KMnO_4 \text{ অথবা}}HCOOH$$

$$HCHO+Ag_2O\ (\text{টোলেন বিকারক})\rightarrow HCOOH+2Ag$$

$$HCHO+2CuO\ (\text{ফেলিং দ্রবণ})\xrightarrow{\Delta}HCOOH+Cu_2O$$

$$HCHO+2[H]\xrightarrow{Na-Hg+H_2O}CH_3OH$$

$$HCHO+HCN\rightarrow H_2C(OH)CN$$

$$HCHO+NaHSO_3\rightarrow H_2C(OH)SO_3Na$$

$$6HCHO+4NH_3\rightarrow(CH_2)_6N_4+6H_2O$$

$$HCHO+CH_3MgI\rightarrow H_2C(CH_3)OMgI\xrightarrow{H_2O}CH_3CH_2OH+MgIOH$$

$$2HCHO+NaOH\rightarrow CH_3OH+HCOONa\ (\text{ক্যানিজেরো বিক্রিয়া})$$

$$nCH_2O+H_2O\xrightarrow{\text{বাষ্পায়ন}}\underset{\text{প্যারা ফর্ম্যালডিহাইড}}{HO-CH_2-O(-CH_2-O-)_{n-2}CH_2-OH}$$

$$3HCHO\xrightarrow{H_2SO_4}(CH_2O)_3\ (\text{মেটাফর্ম্যালডিহাইড})$$

ব্যবহার : ফেনল ফর্ম্যালডিহাইড, ইউরিয়া ফর্ম্যালডিহাইড ইত্যাদি রেজিন ও প্লাস্টিকজাতীয় দ্রব্য প্রস্তুতিতে, মৃত জীবকোষ সংরক্ষণে, জীবাণুনাশক হিসাবে, হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন ও ইউরোট্রপিন প্রস্তুতিতে, সাইক্লোনাইট বিস্ফোরক উৎপাদনে এবং চর্মশিল্পে ও রঞ্জকদ্রব্য প্রস্তুতিতে।

অ্যাসিট্যালডিহাইড, CH_3CHO

প্রস্তুতি : 1. লেবরেটরি পদ্ধতি :

$$CH_3CH_2OH+[O]\xrightarrow{K_2Cr_2O_7+H_2SO_4\ \text{গাঢ়}}CH_3CHO+H_2O$$

2. শিল্প পদ্ধতি

$$2CH_3CH_2OH(\text{বাষ্প})+O_2\ (\text{বায়ু})\xrightarrow[550°C]{Ag}2CH_3CHO+2H_2O$$

3. বিকল্প শিল্প পদ্ধতি :

$$CH\equiv CH+H_2O\xrightarrow[60°C]{Hg^{++},\ H_2SO_4(20\%)}CH_3CHO$$

4. রেপে পদ্ধতি :

$$CH\equiv CH+CH_3OH\xrightarrow{CH_3ONa}CH_2=CH-OCH_3$$

$$\xrightarrow[\text{লঘু } H_3PO_4]{+H_2O}CH_3CHO+CH_3OH$$

5. $(CH_3COO)_2Ca + (HCOO)_2Ca \xrightarrow{\Delta} 2CH_3CHO + 2CaCO_3$

6. $HCOOC_2H_5 + CH_3MgI \rightarrow CH_3CH(OC_2H_5)OMgI$
$\rightarrow CH_3CHO + Mg(OC_2H_5)I$

7. রোজেনমুণ্ড বিজারণ :
$$CH_3COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} CH_3CHO + HCl$$

8. $CH_3C{\equiv}N + HCl \rightarrow CH_3CCl{=}NH \xrightarrow[SnCl_2 + HCl]{[H]}$
$$CH_3CH{=}NH \xrightarrow{H_2O} CH_3CHO$$

ধর্ম : বর্ণহীন শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল। জল, অ্যালকোহল, ইথার বা বেঞ্জিনের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশ্রণযোগ্য।

(1) দহন : $2CH_3CHO + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O$

(2) বিজারণ ধর্ম : $CH_3CHO + [O] \rightarrow CH_3COOH$
$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow[\Delta]{(CH_3COO)_2Mn} 2CH_3COOH$$
$CH_3CHO + Ag_2O$ (টোলেন বিকারক) $\rightarrow CH_3COOH + 2Ag$

$CH_3CHO + 2CuO$ (ফেলিং দ্রবণ) $\xrightarrow{\Delta} CH_3COOH + Cu_2O$

$CH_3CHO + SeO_2 \rightarrow OHC{-}CHO + Se + H_2O$

(3) জারণ ধর্ম : $CH_3CHO + 2[H] \xrightarrow{Na{-}Hg + H_2O} CH_3CH_2OH$
$$CH_3CHO + H_2 \xrightarrow[200°C]{Ni} CH_3CH_2OH$$
$CH_3CHO + 4[H] \xrightarrow[\text{গাঢ় } HCl]{Zn{-}Hg} C_2H_6 + H_2O$ (ক্লিমেনসন বিজারণ)

$CH_3CHO + (CH_3)_2CHOH \xrightarrow{\text{অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রোপাইলেট}}$
$CH_3CH_2OH + (CH_3)_2CO$ (মেরভাইন পনডর্ফ ভার্লে পদ্ধতি)

(4) যুত বিক্রিয়া : $CH_3CHO + HCN \rightarrow CH_3CH(OH)CN$
$CH_3CHO + NH_3 \rightarrow CH_3CH(OH)NH_2$
$CH_3CHO + NaHSO_3 \rightarrow CH_3CH(OH)SO_3Na$

$CH_3CHO \xrightarrow{CH_3MgI} (CH_3)_2CHOMgI \xrightarrow{H_2O} (CH)_{3\,2}CHOH$
$+ MgIOH$

(5) কনডেনসেশন বিক্রিয়া : $CH_3CHO + NH_2OH \rightarrow$
$CH_3CH{=}NOH + H_2O$

$CH_3CHO + NH_2NHC_6H_5 \rightarrow CH_3CH{=}NNHC_6H_5 + H_2O$

$CH_3CHO + NH_2NHCONH_2 \rightarrow CH_3CH{=}NNHCONH_2 + H_2O$

(6) অ্যাসিটাল গঠন : $CH_3CHO + 2C_2H_5OH \rightarrow CH_3CH(OC_2H_5)_2 + H_2O$

(7) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া : $CH_3CHO + 3X_2 \rightarrow CX_3CHO + 3HX$

$CX_3CHO + NaOH \rightarrow CHX_3 + HCOONa$

(8) অ্যালডল কনডেনসেশন : $2CH_3CHO \xrightarrow{Ba(OH)_2} CH_3CH(OH)\,CH_2CHO$

(9) টিশেঙ্কো এস্টার গঠন বিক্রিয়া : $2CH_3CHO \xrightarrow{(C_2H_5O)_3Al} CH_3COOC_2H_5$

(10) PCl_5-এর সহিত বিক্রিয়া :

$CH_3CHO + PCl_5 \rightarrow CH_3CHCl_2 + POCl_3$

(11) পলিমারাইজেসন : $3CH_3CHO \xrightarrow{H_2SO_4} (CH_3CHO)_3$ (প্যারাঅ্যালডিহাইড)

$4CH_3CHO \xrightarrow[HCl]{<0°C} (CH_3CHO)_4$ (মেটাঅ্যালডিহাইড)

ব্যবহার : অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথাইল অ্যালকোহল, ইথাইল অ্যাসিটেট, বিভিন্ন রঞ্জকদ্রব্য, বুনা রবার, এবং ঔষধ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটোন বা ডাইমিথাইল কিটোন CH_3COCH_3

প্রস্তুতি : (1) লেবরেটরি পদ্ধতি :

$$(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\Delta} (CH_3)_2CO + CaCO_3$$

(2) $(CH_3)_2CHOH + [O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} (CH_3)_2CO + H_2O$

(3) $(CH_3)_2CHOH \xrightarrow[250°C]{Cu} (CH_3)_2CO + H_2$

(4) $2CH_3COOH \xrightarrow[300°C]{MnO} (CH_3)_2CO + H_2O + CO_2$

(5) $2C_2H_5OH + H_2O \xrightarrow[450°C]{Fe_2O_3} (CH_3)_2CO + CO_2 + 4H_2$

(6) $2CH\equiv CH + 3H_2O \xrightarrow[\Delta]{ZnO} (CH_3)_2CO + CO_2 + 2H_2$

(7) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড $\xrightarrow{Ca(OH)_2 + \text{আংশিক পাতন}} (CH_3)_2CO$

(8) $CH_3CN \xrightarrow{CH_3MgBr} (CH_3)_2C{=}NMgBr \xrightarrow{H_2O} (CH_3)C{=}NH \xrightarrow{H_2O} (CH_3)_2C{=}O$

ধর্ম : বর্ণহীন মিষ্টগন্ধযুক্ত সহজদাহ্য তরল। জল, অ্যালকোহল বা ইথারে যে-কোন অনুপাতে মিশ্রণযোগ্য ; আ. গু. 0.797, স্ফুটনাঙ্ক 56·5°C।

(1) তাপবিয়োজন : $(CH_3)_2CO \xrightarrow{600°\text{-}700°C} CH_2{=}C{=}O$

(2) বিজারণ ক্ষমতা : অনুপস্থিত। জারিত করিলে কার্বনশৃঙ্খল ছিন্ন হয়।

$(CH_3)_2CO + 4[O] \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} CH_3COOH + CO_2 + H_2O$

(3) জারণ ক্ষমতা : $(CH_3)_2CO + 2[H] \xrightarrow[H_2O]{Na\text{-}Hg} (CH_3)_2CHOH$

$(CH_3)_2CO + 4[H] \xrightarrow[\text{গাঢ় } HCl]{Zn\text{-}Hg} CH_3CH_2CH_3 + H_2O$

(4) যুতযৌগ গঠন :

$CH_3COCH_3 + HCN \rightarrow (CH_3)_2C(OH)CN$

$CH_3COCH_3 + NaHSO_3 \rightarrow (CH_3)_2C(OH)SO_3Na$

$CH_3COCH_3 + NH_3 \xrightarrow{-60°C} (CH_3)_2C(OH)NH_2$

$CH_3COCH_3 \xrightarrow{CH_3MgI} (CH_3)_3COMgI \xrightarrow{H_2O} (CH_3)_3COH$

(5) কনডেনসেশন বিক্রিয়া :

$(CH_3)_2CO + NH_2OH \rightarrow (CH_3)_2C{=}NOH + H_2O$

$(CH_3)_2CO + NH_2NHC_6H_5 \rightarrow CH_3)_2C{=}NNHC_6H_5 + H_2O$

$(CH_3)_2CO + NH_2NHCONH_2 \rightarrow (CH_3)_2C{=}NNHCONH_2 + H_2O$

$2(CH_3)_2CO + NH_3 \rightarrow (CH_3)_2C(NH_2)CH_2COCH_3 + H_2O$

(6) $CH_3COCH_3 + PCl_5 \rightarrow CH_3CCl_2CH_3 + POCl_3$

(7) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া : $CH_3COCH_3 + 3X_2 \rightarrow CX_3COCH_3 + 3HX$

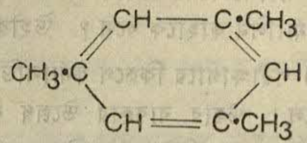
$CX_3COCH_3 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + CHX_3$

(8) নিজের সহিত কনডেনসেশন :

$(CH_3)_2CO + (CH_3)_2CO \xrightarrow{Ba(OH)_2} (CH_3)_2C(OH).CH_2COCH_3$

$(CH_3)_2C(OH).CH_2COCH_3 \xrightarrow[\Delta]{H^+} (CH_3)_2C{=}CHCOCH_3 + H_2O$

$$3(CH_3)_2CO \xrightarrow{\text{গাঢ় HCl}} (CH_3)_2C{=}CHCOCH{=}C(CH_3)_2$$

$$3(CH_3)_2CO \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4}$$ 

ব্যবহার : দ্রাবক হিসাবে, ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম উৎপাদনে, প্লেক্সিগ্লাস উৎপাদনে, ধূম্রহীন বারুদ, সালফোন্যাল নামক ঔষধ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. অ্যালডিহাইড ও কিটোন শ্রেণীর যৌগের মধ্যে রাসায়নিক ধর্মে বহু সাদৃশ্য দেখিতে পাওয়া যায় কেন ? ইহাদের সাধারণ আণবিক সঙ্কেত কি ? অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে বিজারিত করিলে কোন্ প্রকার যৌগ উৎপন্ন হয় ? অ্যালডিহাইড ও কিটোনের দুইটি করিয়া যুত বিক্রিয়া ও কনডেনসেশন বিক্রিয়া প্রদর্শন করিয়া, উহাদের রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্য আছে, এই মন্তব্য প্রতিষ্ঠিত কর। প্রতি ক্ষেত্রে বিক্রিয়াজাত পদার্থের নাম ও গঠনসঙ্কেত দাও।

2. অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর। অ্যালডিহাইডের বৈশিষ্ট্যসূচক চারটি রাসায়নিক ধর্ম সমীকরণ সহ লিখ।

3. (a) অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির দুইটি সাধারণ পদ্ধতি উল্লেখ কর। রসায়নাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড কিভাবে তৈরী করিবে সংক্ষেপে বর্ণনা কর। অ্যালডিহাইডের দুইটি সাধারণ বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ। (Tripura 1979)

(b) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথাইল অ্যালকোহল এবং মিথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথাইল অ্যালকোহল কিভাবে তৈরী করা যায় ? (Tripura 1979)

4. রসায়নাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড কিভাবে তৈরী করিবে সংক্ষেপে বর্ণনা কর। অ্যাসিট্যালডিহাইড হইতে নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিরূপে প্রস্তুত করিবে ? (Tripura 1979)

(a) অ্যাসিট্যালডিহাইড সায়ানোহাইড্রিন (b) অ্যালডল (c) অ্যাসিট্যালডিহাইডের অক্সাইম (d) অ্যাসিট্যালডিহাইডের ফিনাইল হাইড্রাজোন। অ্যাসিট্যালডিহাইডের দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

5. কিটোন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর। এই শ্রেণীর যৌগের কয়েকটি বৈশিষ্ট্যসূচক রাসায়নিক ধর্ম সমীকরণসহ লিখ। কিটোন ও অ্যালিডিহাইডের গঠন সঙ্কেতে পার্থক্য কি ? গঠনসঙ্কেতের পার্থক্য উহাদের রাসায়নিক ধর্মে কিরূপ পার্থক্য সূচিত করে ?

6. (a) রসায়নাগারে অ্যাসিটোন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড ও অ্যাসিটোনের রাসায়নিক ও ভৌত ধর্মের তুলনা কর। (Tripura '81)

(b) ফর্ম্যালিন কাহাকে বলে ? উহার ব্যবহার উল্লেখ কর। (Tripura '81)

7. (a) পরীক্ষাগারে কিরূপে ফর্ম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় ? (b) ফর্ম্যালিন কাহাকে বলে। উহার ব্যবহার উল্লেখ কর (Tripura '81)। (c) কিরূপে ফর্ম্যালডিহাইডকে অ্যাসিট্যালডিহাইডে ও অ্যাসিট্যালডিহাইডকে ফর্ম্যালডিহাইডে রূপান্তরিত করিবে ? (d) ফর্ম্যালডিহাইডকে কিরূপে সনাক্ত করা হয় ?

8. কিরূপে নিম্নলিখিত যৌগগুলির শিল্পোৎপাদন করা হয় ?

(a) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে ফর্ম্যালডিহাইড

(b) অ্যাসিটিলিন হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড

(c) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটোন ? (J. E. 1978)

উৎপাদিত যৌগগুলিকে কি উপায়ে সনাক্ত করিবে ?

9. পলিমারাইজেশন ও কনডেনসেশন বিক্রিয়া বলিতে কি বুঝ ? প্রত্যেক শ্রেণীর বিক্রিয়ার তুইটি করিয়া উদাহরণ দাও। পলিমারাইজেশন ও কনডেনসেশন বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য কি ?

10. টীকা লিখ :

(a) ক্যানিজেরো বিক্রিয়া, (b) অ্যালডল, (c) অক্সোবিক্রিয়া, (d) ক্লিমেনসন বিজারণ, (e) মেরভাইন-পনডর্ফ-ভার্লে বিজারণ, (f) কনডেনসেশন বিক্রিয়া।

11. কি করিয়া পার্থক্য নির্ধারণ করিবে ? (a) ফর্ম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের মধ্যে, (b) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের মধ্যে, (c) পলিমারাইজেশন বিক্রিয়া ও কনডেনসেশন বিক্রিয়ার মধ্যে।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কারণ দেখাও :

(a) বহু বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড ও কিটোন একইরূপ আচরণ করে কেন ?

(b) কিটোনকে অ্যালডিহাইডের মত সহজে জারিত করা যায় না কেন ?

(c) ফর্ম্যালডিহাইডকে প্রতিনিধিস্থানীয় অ্যালডিহাইড হিসাবে গণ্য করা হয় না কেন ?

(d) উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যালডলে পরিণত হয় কিন্তু ফর্ম্যালডিহাইড অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করে না কেন ?

(e) ফর্ম্যালডিহাইডের ন্যায় অ্যাসিট্যালডিহাইড ক্যানিজেরো বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না কেন ?

(f) অ্যালডিহাইড ও কিটোন সহজেই বহু সংখ্যক যুত যৌগ গঠন করিতে পারে কেন ?

(g) অ্যালডিহাইড সমগণীয় শ্রেণীর এবং কিটোন সমগণীয় শ্রেণীর যৌগগুলির সাধারণ আণবিক সঙ্কেত অভিন্ন কেন ?

2. সমীকরণসহ কি ঘটে বিবৃত কর :

(a) ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোনকে পৃথক পৃথক ভাবে ব্লিচিং পাউডার সহ উত্তপ্ত করা হয়। (J. E. '81)

(b) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। (J. E. 1980)

(c) ফর্ম্যালডিহাইডকে ঘন কস্টিকসোডা দ্রবণসহ ঝাঁকানো হয় এবং উৎপন্ন পদার্থকে আম্লিক করা হয়। (J. E. 1978, '81)

(d) অ্যাসিটোনকে কয়েক ফোঁটা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হয় (J. E. 1981)।

(e) শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে পাতিত করা হয়। (Tripura 1982)

(f) মিথাইল অ্যালকোহল ও বায়ুর মিশ্রণকে 550°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার তারজালির উপর দিয়া চালনা করা হয়।

(g) শুষ্ক ক্যালসিয়াম ফর্মেট পাতিত করা হয়।

(h) অ্যামোনিয়া পৃথক পৃথক ভাবে ফর্ম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের সহিত বিক্রিয়া করে।

(i) ফর্ম্যালডিহাইড মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইডের সহিত বিক্রিয়া করে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থে জল যোগ করা হয়।

(j) বেরিয়াম সালফেট মিশ্রিত প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিল ক্লোরাইডকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করা হয়।

(k) মিথাইল সায়ানাইডকে ইথার দ্রবণে অনার্দ্র স্টানাস ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সাহায্যে বিজারিত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করা হয়।

(l) অ্যাসিটিলিনকে মারকিউরিক সালফেটযুক্ত 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া 60°C-এ চালনা করিয়া উৎপন্ন বাষ্পকে বায়ুর সহিত উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অ্যাসিটেটের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়।

(m) অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্রবণে ফেলিং দ্রবণ যোগ করিয়া উষ্ণ করা হয়।

(n) অ্যাসিট্যালডিহাইড সিলেনিয়াম ডাইঅক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে।

(o) অ্যাসিট্যালডিহাইডে জল ও সোডিয়াম পারদসংকর যোগ করা হয়।

(p) অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রোপাইলেটযুক্ত আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করে।

(q) অ্যাসিট্যালডিহাইডের ও অ্যাসিটোনের সহিত পৃথকভাবে হাইড্রোজেন সায়ানাইড বিক্রিয়া করে।

(r) অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্রবণে আয়োডিন ও কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিয়া উষ্ণ করা হয়।

(s) অ্যাসিট্যালডিহাইডে বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া রাখিয়া দিবার পর উৎপন্ন পদার্থকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সহিত পাতিত করা হয়।

(t) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনে পৃথকভাবে ফিনাইল হাইড্রাজিন যোগ করিয়া উষ্ণ করা হয়।

(u) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের সহিত পৃথকভাবে হাইড্রক্সিল-অ্যামিনের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

(v) অনার্দ্র তরল অ্যাসিট্যালডিহাইডে কয়েক বিন্দু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়।

(w) অ্যাসিটোনকে তড়িৎ-বিজারণ করা হয়।

(x) সাধারণ উষ্ণতায় অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করে।

(y) অ্যাসিটোনে বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া রাখিয়া দিবার পর উৎপন্ন পদার্থকে সামান্য অজৈব অ্যাসিডের উপস্থিতিতে উষ্ণ করা হয়।

(z) অ্যাসিটোনকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নিরুদিত করা হয়।

3. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে A, B, C ইত্যাদি স্থানে উৎপন্ন মুখ্য জৈব-যৌগগুলির নাম ও সঙ্কেত লিখ:

(i) $(CH_3)_2C{=}O \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2OH,\ HCl} [\text{B}]$ (H. S. 1978)

(ii) $(CH_3)_2\ C{=}O \xrightarrow{H_2N.NHC_6H_5,HCl} [C]$ (H. S. 1979)

(iii) $CH_3CHO \xrightarrow{NaHSO_3} [B]$ (H. S. 1979)

(iv) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Ba(OH)_2} [H]$ (H. S. 1982)

(v) $CH_3CHO \xrightarrow{HCN} [A]$

(vi) $HCHO \xrightarrow{\text{গাঢ় } NaOH} [B]+[C]$

(vii) $HCHO \xrightarrow{NH_3} [A]$

(viii) $[A] \xrightarrow{Hg^{++}+20\%H_2SO_4} CH_3CHO \xrightarrow[O_2]{(CH_3COO)_2Mn,\ \Delta} [B]$

(ix) $[A] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7+\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CHO \xrightarrow{Ba(OH)_2} [B]$

(x) $[A] \xrightarrow{Ca(OH)_2} [B] \xrightarrow{\Delta} CH_3COCH_3$

(xi) $CH_3CHO \xrightarrow{Ba(OH)_2} [A] \xrightarrow[\Delta]{CH_3COOH} [B]$

(xii) $[A] \xrightarrow{[O]} [B] \xrightarrow{H_2N.NHCONH_2} (CH_3)_2C{=}NNHCONH_2$

(xiii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{HCN} [A] \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } H_2SO_4} [B] \xrightarrow[\Delta]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} [C]$

(xiv) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{KOH+I_2} [A] \xrightarrow[\Delta]{\text{Ag চূর্ণ}} [B] \xrightarrow{Hg^{++}+20\%\ H_2SO_4} [C]$

4. কি করিয়া নিম্নলিখিত জৈব যৌগের রূপান্তরগুলি সাধিত হয় তাহা সংক্ষেপে দেখাও :

(a) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসিটলডিহাইড এবং বিপরীত রূপান্তর।

(b) ফর্ম্যালডিহাইড হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং বিপরীত রূপান্তর।

(c) অ্যাসিট্যালডিহাইড হইতে অ্যাসিটোন এবং বিপরীত রূপান্তর।

5. কি শর্তে নিম্নলিখিত রূপান্তরগুলি সাধিত হয় ?

(a) অ্যাসিট্যালডিহাইড হইতে ইথাইল অ্যালকোহল এবং ইথেন।

(b) অ্যাসিটোন হইতে আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল, প্রোপেন এবং পিনাকল।

(c) ফর্ম্যালডিহাইড হইতে হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন, ট্রাইঅক্সেন এবং মেটা ফর্ম্যালডিহাইড।

৯

কার্বক্সিলিক অ্যাসিড

CARBOXCYLIC ACID

[ফরমিক অ্যাসিড, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড]

(ACIDS : FORMIC, ACETIC AND OXALIC ACIDS)

9.1 সূচনা

অ্যালডিহাইডকে জারিত করিলে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যেমন ফরমালডিহাইড (HCHO) হইতে ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH), অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO) হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), গ্লাইঅক্সাল (OHC—CHO) হইতে অক্সালিক অ্যাসিড (HOOC—COOH) ইত্যাদি। ফরমিক অথবা অক্সালিক অ্যাসিড ব্যতীত অন্যান্য সম্পৃক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে এমন প্যারাফিনসঞ্জাত যৌগ হিসাবে গ্রহণ করা যায় যাহার এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু কার্বক্সিলিক মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। প্যারাফিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে কার্বক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড, দুইটিকে করিলে ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড, তিনটিকে করিলে ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড ইত্যাদি উৎপন্ন হয়। চর্বি বা ফ্যাটের মধ্যে উপস্থিত থাকে বলিয়া সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডও বলে।

সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড সমগণীয় সারির সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n+1}COOH$ (ফরমিক অ্যাসিডে $n=0$)।

9.2 সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

(1) **প্রাইমারি অ্যালকোহল বা অ্যালডিহাইডের জারণের সাহায্যে :**

$$HCHO+[O]\longrightarrow HCOOH\ ;\ CH_3CHO+[O]\longrightarrow CH_3COOH$$

$$CH_3OH\xrightarrow{[O]}HCHO\xrightarrow{[O]}HCOOH$$

$$OHC-CHO+2[O]\longrightarrow HOOC-COOH$$

এ বিষয়ে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে।

(2) **নাইট্রাইলের আর্দ্রবিশ্লেষণে :** তীব্র ক্ষার বা খনিজ অ্যাসিডের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে নাইট্রাইল প্রথমে অ্যাসিড অ্যামাইড ও পরে অ্যাসিডে পরিণত হয় ; $RC\equiv N+H_2O\longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিড অ্যামাইড}}{RCO-NH_2}$

$$RCONH_2+H_2O\longrightarrow RCOOH+NH_3$$

$$\begin{matrix} C\equiv N \\ | \\ C\equiv N \end{matrix} \xrightarrow{+H_2O} \begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix} \xrightarrow[-NH_3]{+H_2O} \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

সায়ানোজেন   অক্সামাইড   অক্সালিক অ্যাসিড

(3) **কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে ঃ** কার্বন ডাই-অক্সাইডকে গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডে এবং ধাতব সোডিয়ামের সাহায্যে অক্সালিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায় ;

$$O=C=O + RMgX \longrightarrow R-C(=O)-OMgX \xrightarrow{+H_2O} RC(=O)-OH + MgXOH$$

$$2Na + 2CO_2 \xrightarrow{360°C} \underset{\text{সোডিয়াম অক্সালেট}}{NaOOC-COONa} \xrightarrow{H^+} \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

(4) **ওলেফিনের কার্বক্সিলেশনে (রেপেবিক্রিয়া)** $250°-300°C$ উষ্ণতায় ও $100-200$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, নিকেল কার্বনিল $Ni(CO)_4$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে ওলেফিনের দ্বিবন্ধনে কার্বন মনোক্সাইড সংযুক্ত করিয়া, উৎপন্ন যৌগকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ;

$$RCH=CH_2 \xrightarrow[{[Ni(CO)_4]}]{+CO} R-\underset{\diagdown\ \underset{\underset{O}{\|}}{C}\ \diagup}{CH-CH_2} \xrightarrow{+H_2O} RCH_2CH_2COOH$$

(5) **প্যারাফিনের জারণে ঃ** দীর্ঘশৃঙ্খল প্যারাফিন (কার্বনসংখ্যা 30-এর বেশি) হাইড্রোকার্বনকে প্রায় $100°C$ তাপমাত্রায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদি অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়াও বিভিন্ন মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয়।

$$2RCH_2-CH_2-R'+5O_2 \xrightarrow{KMnO_4} 2RCOOH+2R'COOH+2H_2O$$

কার্বনশৃঙ্খলে দুইটি স্থানে জারণ ঘটিলে একইরূপে ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(6) **অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণ ঃ** মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগসমূহ—অ্যাসিড ক্লোরাইড ($RCOCl$), অ্যাসিড অ্যামাইড ($RCONH_2$) ও এস্টারকে ($RCOOR_1$) এবং অনুরূপ ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগগুলিকেও আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে অ্যাসিড পাওয়া যায়। অ্যাসিড ক্লোরাইড সহজেই জলের সংস্পর্শে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। কিন্তু অ্যাসিড অ্যামাইড বা এস্টার আর্দ্রবিশ্লেষিত

যৌগগুলির হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করিবার ক্ষমতা, অর্থাৎ অ্যাসিডধর্ম, সংশ্লিষ্ট মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির তুলনায় অধিক।

রাসায়নিক ধর্ম : ফরমিক অ্যাসিড ব্যতীত সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলিতে (সাধারণ সঙ্কেত $RC(=O)-OH$) দুইটি মূলক-অ্যালকিল (R) এবং কার্বক্সিল ($-C(=O)OH$) বর্তমান। কিন্তু বহুক্ষেত্রে কার্বক্সিল মূলকের শুধুমাত্র হাইড্রক্সিল (—OH) অংশটুকু এবং অনেক ক্ষেত্রে শুধুমাত্র কার্বনিল (—CO—) অংশটুকু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। সেক্ষেত্রে কার্বক্সিল মূলককে হাইড্রক্সিল ও কার্বনিল—এই দুইটি মূলকের সমাহার হিসাবে গ্রহণ করা বিধেয়। সুতরাং মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়াকে আমরা চারিটি ভাগে ভাগ করিতে পারি ; (A) সামগ্রিকভাবে কার্বক্সিল মূলকের বিক্রিয়া, (B) কার্বক্সিল মূলকের হাইড্রক্সিল অংশের বিক্রিয়া, (C) কার্বক্সিল মূলকের কার্বনিল অংশের বিক্রিয়া এবং (D) অ্যালকিল মূলকের বিক্রিয়া।

ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলিও মোটামুটি একই রূপে বিক্রিয়া করে, কিন্তু দুইটি কার্বক্সিলিক মূলক থাকিবার জন্য ইহাদের বিক্রিয়া করিবার বৈচিত্র্য আরো অধিক। এখানে আমরা আলোচনাকে প্রধানত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াগুলির মধ্যেই সীমাবদ্ধ রাখিব।

A. কার্বক্সিলমূলকের সামগ্রিকভাবে বিক্রিয়া

(1) **হাইড্রোকার্বনের উৎপত্তি :** কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডা লাইমের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হয় ;

$$RCOONa + NaOH \xrightarrow{\text{সোডা লাইম}} Na_2CO_3 + R\text{-}H \text{ (হাইড্রোকার্বন)}$$

(2) **কিটোনের উৎপত্তি :** কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণকে শুষ্কপাতিত করিলে অথবা কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বাষ্পকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে কিটোন উৎপন্ন হয় ;

$$(RCOO)_2Ca \longrightarrow CaCO_3 + RCOR \text{ (কিটোন)}$$

$$2RCOOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO} RCOR + H_2O + CO_2$$

(3) **অ্যালডিহাইডের উৎপত্তি :** কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ ও ক্যালসিয়াম ফরমেটের মিশ্রণ শুষ্ক পাতিত করিলে, অথবা কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বাষ্প ও ফর্মিক অ্যাসিড বাষ্পের মিশ্রণকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড বা থোরিয়া অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে, কিটোন ও ফরম্যালডিহাইডের সহিত,

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের কার্বনসংখ্যার সমসংখ্যক কার্বনসংখ্যাবিশিষ্ট অ্যালডিহাইডও উৎপন্ন হয় ;

$(RCOO)_2Ca \longrightarrow R_2CO + CaCO_3$; $(HCOO)_2Ca \longrightarrow HCHO + CaCO_3$

$(RCOO)_2Ca + (HCOO)_2Ca \longrightarrow 2CaCO_3 + 2RCHO$ (অ্যালডিহাইড)

$RCOOH + HCOOH \xrightarrow[300°C]{MnO} H_2O + CO_2 + RCHO$ (অ্যালডিহাইড)

$$2RCOOH \xrightarrow[300°C]{MnO} R_2CO + CO_2 + H_2O$$

$$2HCOOH \xrightarrow[300°C]{MnO} HCHO + H_2O + CO_2$$

B. কার্বক্সিলমূলকের হাইড্রক্সিল অংশের বিক্রিয়া :

(1) ধাতুদ্বারা হাইড্রক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন : বিভিন্ন ধাতু কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের হাইড্রক্সিল মূলকের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করে ;

$$2RCOOH + 2Na \longrightarrow 2RCOONa + H_2$$

$$2RCOOH + Zn \longrightarrow (RCOO)_2Zn + H_2$$

ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডও যথারীতি কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সংশ্লিষ্ট লবণ ও জল উৎপন্ন করে ;

$$RCOOH + KOH \rightarrow RCOOK + H_2O$$

$$2RCOOH + MgO \rightarrow (RCOO)_2Mg + H_2O$$

(2) হাইড্রক্সিল মূলকের প্রতিস্থাপন : কার্বক্সিলিক মূলকের হাইড্রক্সিল অংশকে বাদ দিলে যে RCO— অংশ থাকে, তাহাকে অ্যাসিল (Acyl) মূলক বলে এবং বহু বিক্রিয়ায় এই অ্যাসিল মূলক অবিকৃত থাকিয়া যায় ; শুধুমাত্র হাইড্রক্সিল মূলকের প্রতিস্থাপন ঘটে। হাইড্রক্সিল মূলককে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে ক্লোরাইড (-Cl), অ্যামিনো ($-NH_2$) বা অ্যালকানোয়েট (-OOCR) মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যথাক্রমে অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যাসিড অ্যামাইড ও অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড গঠিত হয় ;

$RCOOH + PCl_5 \longrightarrow POCl_3 + HCl + R\text{-}COCl$ (অ্যাসিড ক্লোরাইড)
(ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড)

$RCOOH + SOCl_2 \longrightarrow SO_2 + HCl + R\text{-}COCl$
(থায়োনিল ক্লোরাইড)

$RCOOH + NH_3 \rightarrow RCOONH_4 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} H_2O + RCONH_2$ (অ্যাসিড অ্যামাইড)

$$RCOOH + HOOCR \xrightarrow[-H_2O]{P_2O_5} RCO\text{-}O\text{-}OCR$$ (অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড)

O^{18} পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হইয়াছে যে, এস্টার গঠন বিক্রিয়াকালেও প্রকৃতপক্ষে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের হাইড্রক্সিল অংশ অ্যালকোহলের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জলে পরিণত হয় (পূর্বে ধারণা ছিল, কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন অ্যালকোহলের হাইড্রক্সিল মূলকের সহিত যুক্ত হইয়া জল অণু সৃষ্টি করে)।

$$RCO—OH + H—OR' \xrightarrow{H_2SO_4} RCOOR' + H_2O$$

C. কার্বক্সিলিক মূলকের কার্বনিল অংশের বিক্রিয়া

কার্বক্সিলিক মূলকের কার্বনিল (—CO—) অংশ রাসায়নিক ভাবে বেশ নিষ্ক্রিয়, সহজে বিজারিত হয় না। তবে উচ্চচাপে 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার বা নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন উচ্চতর কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলিকে বিজারিত করিয়া অ্যালকোহলে (অনেক ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট হাইড্রোকার্বনে) পরিণত করে। নিম্নতর অ্যাসিডগুলিকে (সাধারণত উহাদের সোডিয়াম লবণরূপে) বিজারিত করিবার জন্য লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ব্যবহৃত হয়। ফসফরাস ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড মিশ্রণের সহিত উত্তপ্ত করিলেও কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বিজারিত হয়।

$$RCOOH + 2H_2 \xrightarrow[Ni]{400°C} RCH_2OH + H_2O$$

$$2RCOONa + LiAlH_4 \longrightarrow 2RCH_2ONa + LiAlO_2$$

D. অ্যালকিল মূলক ভিত্তিক বিক্রিয়া :

(1) হ্যালোজেন দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন : কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অ্যালকিল মূলকে যদি α-কার্বনে সংযুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে তাহা হইলে উহাদের লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে ক্লোরিন বা ব্রোমিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া α-হ্যালো কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায় (হেল-ভলার্ড-জেলিনস্কি পদ্ধতি)

$$R\text{-}CH_2COOH + Cl_2 \xrightarrow[-HCl]{(\text{লাল } P)} RCHClCOOH \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2\ (\text{লাল } P)} RCCl_2COOH$$

সূর্যালোক বা উত্তাপের প্রভাবেও উপরি-উক্ত বিক্রিয়া ঘটে।

(2) ক্ষারধাতু লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণকে গলিত অবস্থায় অথবা গাঢ় জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে, অ্যানোডে উহার দুইটি অ্যালকিল মূলক সংযুক্ত হইয়া অ্যালকেন উৎপন্ন করে ;

(কোষ বিক্রিয়া) $RCOOK \rightleftharpoons RCOO^- + K^+$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $RCOO^- \rightarrow [RCOO] + e$; $[RCOO] \rightarrow [R] + CO_2$

$2[R] \longrightarrow R—R$ (অ্যালকেন)

ফরমিক বা মিথানোয়িক অ্যাসিড, H-COOH

লাল পিঁপড়ার বিষে এই অ্যাসিড থাকে বলিয়া ইহার ফরমিক (ল্যাটিন formica =পিঁপড়া) অ্যাসিড নাম হইয়াছে। IUPAC পদ্ধতিতে ইহার নাম মিথানোয়িক অ্যাসিড।

9.4 প্রস্তুত প্রণালী

(1) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী ঃ পরীক্ষাগারে গ্লিসারলের উপস্থিতিতে অক্সালিক অ্যাসিডকে 100°—110°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

বিক্রিয়াটি কয়েকটি পর্যায়ে সংঘটিত হয়। প্রথমে গ্লিসারল অক্সালিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গ্লিসারিল মনোঅক্সালেট উৎপন্ন করে ;

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + \begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2OCO-COOH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + H_2O$$

গ্লিসারল　　অক্সালিক অ্যাসিড　　গ্লিসারিল মনোঅক্সালেট

অতঃপর গ্লিসারিল মনোঅক্সালেট বিয়োজিত হইয়া গ্লিসারিল মনোফরমেট ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$$\begin{array}{l} CH_2OCOCOOH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2OCOH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + CO_2$$

গ্লিসারিল মনোফরমেট

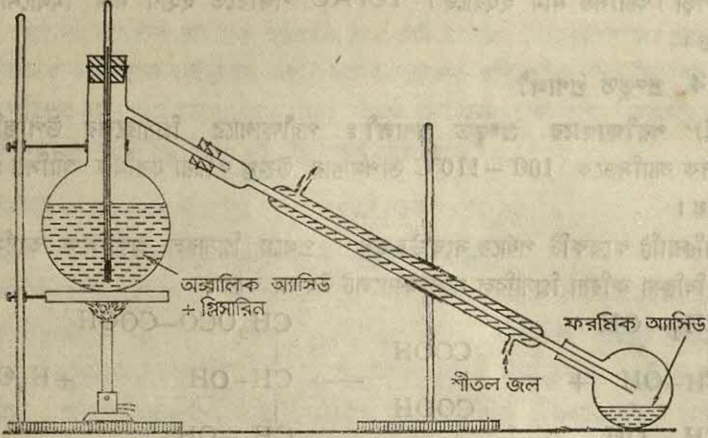
পরিশেষে গ্লিসারিল মনোফরমেট অক্সালিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফরমিক অ্যাসিডকে মুক্ত করে এবং গ্লিসারিল মনোঅক্সালেট পুনরুৎপন্ন হয় ;

$$\begin{array}{l} CH_2-OCOH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + \begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2-OCOCOOH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + HCOOH$$

ফরমিক অ্যাসিড

একটি পাতন-ফ্লাস্ককে লীবিক শীতকের মাধ্যমে গ্রাহকফ্লাস্কের সহিত সংযুক্ত করিয়া উহার মধ্যে অনার্দ্র গ্লিসারল (40 c.c) ও অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস (50 গ্রাম) লওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের মুখ একটি থার্মোমিটারযুক্ত কর্কদ্বারা এমনভাবে বন্ধ করা হয় যাহাতে থার্মোমিটারের পারদকুণ্ড তরলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। অতঃপর পাতন-ফ্লাস্কটিকে বালিগাহে অথবা অ্যাসবেস্টস বোর্ডের উপর বসাইয়া 100° – 110°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় এবং ফরমিক অ্যাসিড গ্রাহক-ফ্লাস্কে কিছু জলের সহিত (অক্সালিক অ্যাসিড কেলাসে কেলাসজল থাকে) সঞ্চিত হইতে থাকে।

বিক্রিয়া মন্দীভূত হইয়া গেলে পাতন-ফ্লাস্কে আরো অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস যোগ করিয়া বিক্রিয়া পুনরারম্ভ করা যায়।



9.1 পরীক্ষাগারে ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণ : ফরমিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক (100·5°C) জলের স্ফুটনাঙ্কের খুব কাছাকাছি এবং 22·5% জলযুক্ত ফরমিক অ্যাসিড স্থির স্ফুটনাঙ্কের (107°C) মিশ্রণ উৎপন্ন করে বলিয়া আংশিক পাতন প্রণালীতে ফরমিক অ্যাসিড নিরুদিত করা হয় না। আবার গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিরুদিত করিয়া পাতিত করিলে ফরমিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। (অবশ্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফরমিক অ্যাসিডকে উপযুক্ত নিম্নচাপে পাতিত করা যায়।)

সেজন্য পরীক্ষাগারে ফরমিক অ্যাসিড বিশুদ্ধিকরণের জন্য সাধারণত ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণকে লিথার্জ বা লেড মনোক্সাইড মিশ্রিত করিয়া ফুটানোর পর উষ্ণ অবস্থায় ফিলটার করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণ শীতল হইলে লেডফরমেট কেলাসিত অবস্থায় বাহির হইয়া আসে। সেগুলি শুষ্ক করিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইডের স্রোতে 110°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ফরমিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া বাহির হয়।

$$PbO + 2HCOOH \longrightarrow (HCOO)_2Pb + H_2O$$
$$(HCOO)_2Pb + H_2S \longrightarrow 2HCOOH + PbS.$$

(2) উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের উপর দিয়া মিথাইল অ্যালকোহল বা ফরম্যাল-ডিহাইড বাষ্পের সহিত বায়ুর মিশ্রণ চালিত করিলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ;

$$2CH_3OH + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2HCHO$$ (ফরম্যালডিহাইড)
$$2HCHO + O_2 \longrightarrow 2HCOOH$$ (ফরমিক অ্যাসিড)

(3) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলেও ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ;

$$HC{\equiv}N + 2H_2O + HCl \longrightarrow HCOOH + NH_4Cl$$
ফরমিক অ্যাসিড

(4) ফরমিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের জন্য 6-8 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 120°-130°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কস্টিক সোডাচূর্ণের সহিত (অথবা উচ্চচাপে 200°C তাপমাত্রায় গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত) কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

$$NaOH + CO \xrightarrow[6-8 \text{ বায়ুমণ্ডল}]{120°-130°C} HCOONa$$ (সোডিয়াম ফরমেট)

উৎপন্ন সোডিয়াম ফরমেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে জলযুক্ত ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুতির আধুনিক পদ্ধতিতে ফরমিক অ্যাসিডের অতিগাঢ় জলীয় দ্রবণের সহিত শুষ্ক সোডিয়াম ফরমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া নিম্নচাপে পাতিত করা হয়। নিম্নচাপে পাতনকালে তাপমাত্রা অধিক বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় না বলিয়া, ফরমিক অ্যাসিডের কার্বন মনোক্সাইডে বিয়োজন নিবারিত হয়।

(5) ক্লোরোফর্মকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলেও ফরমিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ পাওয়া যায়;

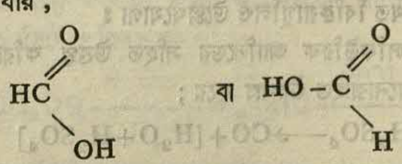
$$CHCl_3 + 3NaOH \longrightarrow 3NaCl + [HC(OH)_3]$$ দুস্থিত অর্থোফরমিক অ্যাসিড

$$[HC(OH)_3] \longrightarrow HCOOH + H_2O$$
$$HCOOH + NaOH \longrightarrow H_2O + HCOONa$$

9.5 ফরমিক অ্যাসিডের ধর্ম

ভৌতধর্ম: ফরমিক অ্যাসিড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 100·5°C, আপেক্ষিক গুরুত্ব 0°C-এ 1·24। ইহা জল, অ্যালকোহল বা ইথারের সহিত যে-কোন অনুপাতে মিশ্রিত হতে পারে। ইহার কার্বক্সিলিক মূলকের সঙ্গে কোন ইলেকট্রনদায়ী অ্যালকিলমূলক যুক্ত না থাকায় ফ্যাটি অ্যাসিড শ্রেণীর মধ্যে ইহা তীব্রতম অ্যাসিড, যদিও বিভিন্ন খনিজ অ্যাসিডের তুলনায় ইহা দুর্বলতর।

রাসায়নিক ধর্ম: ফরমিক অ্যাসিডের অনন্য বৈশিষ্ট এই যে, ইহা শুধুমাত্র অ্যাসিড হিসাবেই নয়, অ্যালডিহাইড হিসাবেও বিক্রিয়া করিতে পারে। ফরমিক অ্যাসিডের গঠন সংকেতকে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড এবং হাইড্রক্সি অ্যালডিহাইড, এই উভয় রূপেই চিহ্নিত করা যায়;



নিম্নলিখিত বিজারণ বিক্রিয়াগুলির মধ্যে ফরমিক অ্যাসিডের অ্যালডিহাইড ধর্ম

প্রতিফলিত হইতেছে। প্রতিক্ষেত্রেই ফরমিক অ্যাসিড জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

(1) ফরমিক অ্যাসিড বা ফরমেট লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্যে অ্যামোনিয়ামযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে প্রথমে সিলভার ফরমেটের একটি সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যাহা ধীরে ধীরে অথবা উত্তপ্ত করিলে দ্রুত বিয়োজিত হইয়া কালো সিলভার চূর্ণে পরিণত হয়।

$$AgNO_3 + HCOONa \longrightarrow NaNO_3 + HCOOAg$$

$$2HCOOAg \longrightarrow CO_2 + H_2O + 2Ag$$

(2) অনুরূপভাবে ফরমিক অ্যাসিড মারকিউরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে বিজারিত করিয়া মারকিউরাস ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে ;

$$2HgCl_2 + HCOOH \longrightarrow Hg_2Cl_2 + CO_2 + H_2O$$

(3) ফরমিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে ;

$$HCOOH + [O] \longrightarrow H_2O + CO_2$$

এজন্যই ফরম্যালডিহাইডকে উপরি-উক্ত জারকদ্রব্যের সাহায্যে জারিত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না।

(4) প্লাটিনাম বা প্যালাডিয়াম অনুঘটকের প্রভাবে ফরমিক অ্যাসিড, এমনকি সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ত্যাগ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ;

$$HO-CHO \xrightarrow{Pd} CO_2 + H_2$$

আবার নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে ফরমিক অ্যাসিড কার্বক্সিলিক অ্যাসিড হিসাবে আচরণ করে।

(1) ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড লবণ ও জল উৎপন্ন করে ;

$$NaOH + HCOOH \longrightarrow HCOONa + H_2O$$

$$MgO + 2HCOOH \longrightarrow (HCOO)_2Mg + H_2O$$

(2) উপযুক্ত নিরুদকের উপস্থিতিতে ফরমিক অ্যাসিড অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এস্টার গঠন করে ; $HCOOH + C_2H_5OH \longrightarrow HCOOC_2H_5 + H_2O$

ফরমিক অ্যাসিডের নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিও উল্লেখযোগ্য :

(1) **নিরুদন :** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ফরমিক অ্যাসিড নিরুদিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে ;

$$HCOOH + H_2SO_4 \longrightarrow CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

(2) **অক্সালিক অ্যাসিডে পরিবর্তন :** সোডিয়াম ফরমেটকে 400°C তাপমাত্রায়

উত্তপ্ত করিলে উহা সোডিয়াম অক্সালেটে পরিণত হয় এবং এই বিক্রিয়াকে অক্সালিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে ব্যবহার করা হয় ;

$$2HCOONa \xrightarrow{400°C} \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix} + H_2$$

(3) **ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুতি :** ক্যালসিয়াম ফরমেটকে শুষ্ক পাতিত করিলে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ; $(HCOO)_2Ca \longrightarrow HCHO + CaCO_3$

(4) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ফরমিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাকে সাধারণ নিয়ম অনুযায়ী অ্যাসিড ক্লোরাইডে পরিণত না করিয়া কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে বিয়োজিত করে ;

$$HCOOH + PCl_5 \longrightarrow 2HCl + CO + POCl_3$$

9.6 ফরমিক অ্যাসিডের ব্যবহার

(1) ইহা জীবাণুনাশক এবং ফলের রস সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয় ; (2) চর্মশিল্পে চর্ম হইতে হইতে চুন দূরীভূত করিবার জন্য এবং রঞ্জক পদার্থের অ্যাসিডীয় দ্রবণে সূতা বা পশম রঙ করিবার জন্য ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় ; (3) রবার ল্যাটেক্সকে জমাট বাঁধানোর জন্য, অক্সালিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের জন্য এবং বনস্পতি উৎপাদনে ব্যবহৃত অনুঘটক নিকেল ফরমেট প্রস্তুতির জন্যও ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (4) সন্ধানক্রিয়ায় অ্যালকোহল উৎপাদনকালে ইস্টকে উদ্দীপিত করিবার জন্যও ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা ইথানোয়িক অ্যাসিড, CH_3COOH

প্রাচীনকাল হইতেই অ্যাসিটিক অ্যাসিড মানুষের পরিচিত। টকে যাওয়া মদে ইথাইল অ্যালকোহলের জারণের ফলে উদ্ভূত অ্যাসিটিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণকে ভিনিগার (vine = আঙ্গুরলতা) বলে। ভিনিগারের ল্যাটিন প্রতিশব্দ 'অ্যাসিটাস' হইতে এই অ্যাসিডের নাম অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইয়াছে।

9.7 অ্যাসিটিক অ্যাসিডের প্রস্তুত প্রণালী

(1) **ইথাইল অ্যালকোহলের জারণে :** পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে ইথাইল অ্যালকোহল জারিত করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। ইথাইল অ্যালকোহল প্রথমে জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে যাহা দীর্ঘক্ষণ একই জারকদ্রব্যের সান্নিধ্যে থাকিলে আরো জারিত হইয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{+[O]} CH_3CHO \xrightarrow{+[O]} CH_3COOH$$

পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য অনেক সময় এই পদ্ধতি অনুসৃত হয়।

(2) **পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে ঃ** কাঠের অন্তর্ধূমপাতনে উপজাত পদার্থ হিসাবে যে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহার মধ্যে 6-10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড থাকে। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বাষ্পকে উষ্ণ চুনগোলার মধ্যে চালিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটে পরিণত হয় এবং অ্যাসিটোন ও মিথাইল অ্যালকোহল অবিকৃত অবস্থায় বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে লৌহপাত্রে বাষ্পীভূত করিয়া উপরের তল হইতে আলকাতরা জাতীয় পদার্থকে অপসারিত করা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত অবিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে ('গ্রে অ্যাসিটেট অব লাইম' নামে পরিচিত) অতঃপর প্রয়োজনীয় পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ পাতিত করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে মুক্ত করা হয়;

$$2CH_3COOH + Ca(OH)_2 \rightarrow (CH_3COO)_2Ca + 2H_2O$$
$$(CH_3COO)_2Ca + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + CaSO_4$$

বিশুদ্ধীকরণ ঃ উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত অশুদ্ধিযুক্ত অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে কস্টিক সোডা দ্বারা প্রশমিত করিয়া কেলাসিত করিলে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সোদক কেলাস ($CH_3COONa, 3H_2O$) উৎপন্ন হয়। এই সোদক কেলাসকে উত্তাপ প্রয়োগে অনার্দ্র করিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ পাতিত করিলে মোটামুটি বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$$
$$2CH_3COONa + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + Na_2SO_4$$

উপরি-উক্ত অ্যাসিডকে 118°C তাপমাত্রায় পুনঃপাতিত করিয়া নিম্ন তাপমাত্রায় শীতল করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিড তুষার সদৃশ (glacial) কেলাসের আকারে পৃথক হয়। ইহাকে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড বলে।

(3) **মিথাইল সায়ানাইড হইতে ঃ** মিথাইল সায়ানাইডকে খনিজ অ্যাসিড অথবা ক্ষার দ্রবণ সহ ফুটাইলে উহা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়;

$$CH_3C \equiv N + 2H_2O + HCl \rightarrow CH_3COOH + NH_4Cl$$
$$CH_3C \equiv N + H_2O + NaOH \rightarrow CH_3COONa + NH_3$$

(4) **অ্যাসিটিলিন হইতে ঃ** আধুনিক যুগে অধিকাংশ গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডই এই পদ্ধতিতে উৎপাদন করা হয়। প্রথমে অ্যাসিটিলিনকে 60°-80°C তাপমাত্রায় প্রলম্বিত মারকিউরিক সালফেটচূর্ণ যুক্ত 20-25% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে চালিত করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত করা হয়। তাপমোচী বিক্রিয়ার ফলে তাপমাত্রা 100°C পর্যন্ত বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয় এবং উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড বাষ্পাকারে নির্গত হইতে থাকে। উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড বাষ্পকে বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া ম্যাঙ্গানাস অ্যাসিটেট অনুঘটকের উপর দিয়া 55°-60°C তপমাত্রায় 5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে চালিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড (প্রায় 94% গাঢ়) পাওয়া যায়।

পরিশেষে 94% অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে আংশিক পাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ বা গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয় ;

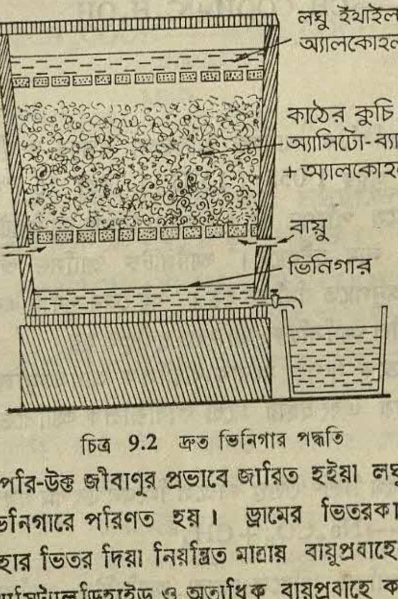
$$H_2O + CH \equiv CH \xrightarrow[HgSO_4]{20\% H_2SO_4} CH_3CHO$$

$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow[55°C,\ 5\ \text{বায়ুমণ্ডল}]{(CH_3COO)_2Mn} 2CH_3COOH$$

(5) অ্যালকোহলের এনজাইম প্রভাবিত জারণে

(a) **অরলিনস পদ্ধতি ঃ** মদ্যজাতীয় পানীয় বায়ুর সংস্পর্শে দীর্ঘদিন রাখিয়া দিলে অ্যাসিটোব্যাকটার (Acetobacter)-জাতীয় জীবাণুর প্রভাবে জারিত হইয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই পদ্ধতিতে লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা ভিনিগার প্রস্তুত প্রণালী পূর্বে প্রচলিত ছিল।

(b) **দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতি (Quick Vinegar process) ঃ** 1823 খ্রীস্টাব্দে শুইৎসেনবাথ অ্যালকোহলের এনজাইম প্রভাবিত জারণ দ্রুতগতিসম্পন্ন করার এক পদ্ধতি আবিষ্কার করেন। এই পদ্ধতি 'দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতি' নামে পরিচিত। এই পদ্ধতিতে একটি কাঠের পিপায় সচ্ছিদ্র তলযুক্ত প্রকোষ্ঠের মধ্যে বীচকাঠের ছিলা বা কোকের উপর, পূর্ব হইতে অ্যাসিটোব্যাকটার অ্যাসেটি (Acetobacter aceti) বা ব্যাকটেরিয়াম অ্যাসেটি (Bacteriam aceti) জীবাণু সঞ্চিত করিয়া রাখা হয়। ড্রামের ভিতর লঘু (6 – 10%) অ্যালকোহল বা নিম্নমানের সুরা যোগ করিলে, উহা বীচকাঠের ছিলার ভিতর দিয়া চুঁয়াইয়া চুঁয়াইয়া নামিবার সময় বায়ুর উপস্থিতিতে ও উপরি-উক্ত জীবাণুর প্রভাবে জারিত হইয়া লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণ (5-10%) বা ভিনিগারে পরিণত হয়। ড্রামের ভিতরকার তাপমাত্রা 35° – 40°C রাখা হয় এবং উহার ভিতর দিয়া নিয়ন্ত্রিত মাত্রায় বায়ুপ্রবাহের ব্যবস্থা থাকে (অল্প পরিমাণ বায়ুপ্রবাহে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অত্যধিক বায়ুপ্রবাহে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবার সম্ভাবনা থাকে)। অ্যাসিটোব্যাকটার অ্যাসেটি অ্যাসিডীয় দ্রবণে অধিকতর সক্রিয় বলিয়া সাধারণত ড্রামে প্রবেশশীল দ্রবণে অ্যালকোহলের সহিত কিছু ভিনিগার মিশ্রিত



চিত্র 9.2 দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতি

থাকে। একবার চালনায় 10% অ্যালকোহল সম্পূর্ণ জারিত হয় না। 10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাইতে হইলে প্রায় 8·2% অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও 2 – 2·6% অ্যালকোহলের মিশ্র দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। গাঢ়তর অ্যালকোহলীয় দ্রবণ ব্যবহার করিয়া সর্বোচ্চ 14% গাঢ়ত্বের অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভব। অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আরো বেশি গাঢ়ত্বে সক্রিয় জীবাণুগুলি নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়। কিন্তু সাধারণ ভিনিগারে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব কদাচিৎ 5% মাত্রা অতিক্রম করে। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে সাধারণত খাদ্য ভিনিগার হিসাবে ব্যবহার করা হয় বলিয়া 10%-এর বেশি গাঢ় অ্যাসিটিক অ্যাসিড সাধারণত দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয় না। এইরূপে প্রস্তুত ভিনিগারে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ব্যতীত কিছু টারটারিক অ্যাসিড, সাকসিনিক অ্যাসিড এবং সামান্য পরিমাণে উহাদের ইথাইল এস্টারও উপস্থিত থাকে।

(6) **ফ্যাটি অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগ হইতে ঃ** কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি অনুযায়ী অ্যাসিটিল ক্লোরাইড অ্যাসিট্যামাইড বা ইথাইল অ্যাসিটেটের আর্দ্রবিশ্লেষণেও অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ;

$$CH_3COCl \text{ (অ্যাসিটিল ক্লোরাইড)} + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + HCl$$

$$CH_3CONH_2 \text{ (অ্যাসিট্যামাইড)} + H_2O \xrightarrow{\text{অ্যাসিড বা ক্ষার}} CH_3COOH + NH_3$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O \xrightarrow{\text{অ্যাসিড বা ক্ষার}} CH_3COOH + C_2H_5OH$$

9.8 অ্যাসিটিক অ্যাসিডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যাসিটিক অ্যাসিড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 118°C, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·055 (15°C)। ইহা 16·7°C উষ্ণতায় হিমীভূত হইয়া তুষার সদৃশ কেলাসে পরিণত হয়। এজন্য বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিডের গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড নাম হইয়াছে। অ্যাসিটিক অ্যাসিড জল অ্যালকোহল বা ইথারের সহিত যে-কোন অনুপাতে মিশ্রিত হয়। বহু জৈব পদার্থ এবং সালফার, ফসফরাস ও আয়োডিনের মত মৌল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির মধ্যে প্রতিনিধি স্থানীয় হিসাবে গণ্য করা হয় এবং ইহার মধ্যে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সকল সাধারণ ধর্মই দেখিতে পাওয়া যায়।

(1) সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডালাইম মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে মিথেন উৎপন্ন হয় ;

$$NaOH + CH_3COONa \longrightarrow Na_2CO_3 + CH_4$$

(2) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে শুষ্ক পাতিত করিলে অথবা অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাষ্পকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয় ;

$$(CH_3COO)_2Ca \longrightarrow CaCO_3 + CH_3COCH_3$$

$$2CH_3COOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO} CH_3COCH_3 + H_2O + CO_2$$

(3) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট ও ক্যালসিয়াম ফরমেট মিশ্রণ শুষ্ক পাতিত করিলে অথবা অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ফরমিক অ্যাসিড বাষ্প মিশ্রণকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইডের উপর দিয়া চালিত করিলে ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের সহিত অ্যাসিট্যালডিহাইডও পাওয়া যায় ;

$$(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\triangle} CH_3COCH_3 + CaCO_3$$

$$(HCOO)_2Ca \xrightarrow{\triangle} HCHO + CaCO_3$$

$$(CH_3COO)_2Ca + (HCOO)_2Ca \rightarrow 2CaCO_3 + 2CH_3CHO$$

$$CH_3COOH + HCOOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO} CH_3CHO + H_2O + CO_2$$

$$2CH_3COOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO} CH_3COCH_3 + CO_2 + H_2O$$

$$2HCOOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO} HCHO + CO_2 + H_2O$$

(4) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে বিভিন্ন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া সংশ্লিষ্ট অ্যাসিটেট লবণ প্রস্তুত করা যায় ;

$$Zn + 2CH_3COOH \rightarrow \underset{\text{জিঙ্ক অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Zn} + H_2$$

$$NaOH + CH_3COOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + H_2O$$

(5) অ্যাসিটিক অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড, ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইডে এবং নিরুদিত হইলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াম লবণে রূপান্তরিত হইবার পর আংশিক নিরুদিত হইলে অ্যাসিট্যামাইড (সম্পূর্ণ নিরুদিত হইলে অ্যাসিটোনাট্রাইল) উৎপন্ন করে।

$CH_3COOH + PCl_5 \rightarrow HCl + POCl_3 + CH_3COCl$ (অ্যাসিটিল ক্লোরাইড)

$2CH_3COOH \xrightarrow[-H_2O]{P_2O_5} (CH_3CO)_2O$ (অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড)

$$CH_3COONH_4 \xrightarrow[-H_2O]{\text{উত্তাপ}} \underset{\text{অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONH_2} \xrightarrow[-H_2O]{P_2O_5} \underset{\text{অ্যাসিটোনাইট্রাইল}}{CH_3C\equiv N}$$

উপযুক্ত নিরুদকের উপস্থিতিতে অ্যালকোহলের সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড সংশ্লিষ্ট অ্যালকোহলের অ্যাসিটেট এস্টারে পরিণত হয় ;

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O$$

(6) অ্যাসিটিক অ্যাসিড সহজে বিজারিত হয় না। তবে লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডের দ্বারা বিজারিত করিলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড অথবা উহার লবণ ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যালকোহলেটে পরিণত হয় ;

$$2CH_3COONa + LiAlH_4 \rightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ইথাইলেট}}{2CH_3CH_2ONa} + LiAlO_2$$

(7) লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে ক্লোরিন অ্যাসিটিক অ্যাসিডের α-কার্বনের হাইড্রোজেনগুলিকে একে একে প্রতিস্থাপিত করে। ফুটন্ত গ্লেসিয়াল অ্যাসিডে ক্লোরিন চালনা করিলেও একইরূপ বিক্রিয়া ঘটে ;

$$CH_3COOH \xrightarrow[-HCl]{(P)\,Cl_2} \underset{\text{মনোক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_2ClCOOH} \xrightarrow[-HCl]{(P)\,Cl_2} \underset{\text{ডাইক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CHCl_2COOH} \xrightarrow[-HCl]{(P)\,Cl_2}$$

$$\underset{\text{ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CCl_3COOH}$$

ব্রোমিনও একইরূপ বিক্রিয়া করে।

(8) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পটাসিয়াম লবণকে গলিত অবস্থায় বা গাঢ় জলীয় দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ইথেন উৎপন্ন হয় (কোল্ব সংশ্লেষণ)।

$$CH_3COOK \rightleftharpoons CH_3CO\bar{O} + \overset{+}{K}$$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $CH_3CO\bar{O} \longrightarrow [CH_3COO] + e$

$$2[CH_3COO[\longrightarrow C_2H_6 + 2CO_2$$

(9) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের জারকদ্রব্যের আক্রমণ রোধ করিবার বিশেষ ধর্ম আছে। সেজন্য বহু জারণ বিক্রিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণে সংঘটিত করা হয়।

9.9 ব্যবহার

সেলুলোজ অ্যাসিটেট জাতীয় প্লাস্টিক এবং অ্যাসিটেট রেয়ন উৎপাদনে প্রচুর পরিমাণ অ্যাসিটিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণকে ভিনিগার হিসাবে খাদ্য-দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে এবং রবার ল্যাটেক্স জমাইয়া ক্রেপ রবার উৎপাদনে ইহাকে ব্যবহার করা হয়। এতদ্ব্যতীত অ্যাসিটিল

অ্যাসিটিক ক্লোরাইড, অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাসিটোন, ইথাইল অ্যাসিটেট, অ্যামাইল অ্যাসিটেট, অ্যাসপিরিন, ফেনাসেটিন ইত্যাদি প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়। রঞ্জন শিল্পে রঙসংস্থাপক হিসাবে, বীজবারক রূপে এবং বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক যৌগ উৎপাদনেও ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

9.10 ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পার্থক্য

বিকারক	ফরমিক অ্যাসিড	অ্যাসিটিক অ্যাসিড
(1) $K_2Cr_2O_7$ + গাঢ় H_2SO_4	কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।	কোন বিক্রিয়া হয় না।
(2) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4	কার্বন মনোক্সাইড নির্গত হয়।	কোন বিক্রিয়া হয় না।
(3) PCl_5	কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।	অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।
(4) অ্যামোনিয়াযুক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ	সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।	কোন অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় না।
(5) $HgCl_2$ দ্রবণ	Hg_2Cl_2 এর সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।	কোন অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় না।
(6) অ্যাসিটেট লবণের সহিত As_2O_3 উত্তপ্ত করিলে	কোন বিক্রিয়া হয় না।	দুর্গন্ধযুক্ত ক্যাকোডিল অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় ; $4CH_3COONa + As_2O_3 \rightarrow (CH_3)_2As-O-As(CH_3)_2 + K_2CO_3 + 2CO_2$

অক্সালিক অ্যাসিড, HOOC—COOH

9.11 অবস্থান

অক্সালিক অ্যাসিড ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির মধ্যে সরলতম এবং সর্বাপেক্ষা অধিক পরিচিত যৌগ। অক্সালিস (Oxalis) শ্রেণীর উদ্ভিদের মধ্যে এই অ্যাসিড দেখিতে পাওয়া যায়। বিটপাতা এবং হরিতকির মধ্যে পটাসিয়াম অক্সালেট এবং ইউক্যালিপটাস গাছের ছাল ইত্যাদিতে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম অক্সালেট থাকে।

9.12 প্রস্তুতি

(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** পরীক্ষাগারে অল্প পরিমাণ ভ্যানাডিয়াম পেন্টঅক্সাইডের উপস্থিতিতে একটি 1000 c.c. ফ্লাস্কে 100 c.c. উষ্ণ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে 40 গ্রাম ইক্ষু শর্করাচূর্ণ ধীরে ধীরে যোগ করিলে বাদামীবর্ণ নাইট্রাস ধূম নির্গত হইতে থাকে। নাইট্রাস ধূম নিগমন বন্ধ হইয়া গেলে ফ্লাস্কের ভিতরকার তরল একটি

কাচের ডিশে ঢালিয়া জলগাহে বাষ্পায়িত করা হয়। গাঢ়ীকৃত দ্রবণকে শীতল করিলে অক্সালিক অ্যাসিডের বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।

$$C_{12}H_{22}O_{11}+18[O]\xrightarrow[V_2O_5]{HNO_3}6\,(COOH)_2+5H_2O$$

(2) কাঠের গুঁড়া ইত্যাদি সেলুলোজ জাতীয় সামগ্রীকে নিয়ন্ত্রিত অবস্থায় জারিত করিয়া অক্সালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

লোহার কড়াইতে কাঠের গুঁড়ার সহিত উহার প্রায় দ্বিগুণ ওজনের গাঢ় কস্টিক সোডা মিশাইয়া সাবধানে বায়ুর উপস্থিতিতে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে, কাঠের সেলুলোজ জারিত হইয়া অক্সালিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত মিশ্রণকে জলের সাহায্যে দ্রাবিত করিয়া চুনগোলাসহ ফুটাইলে ক্যালসিয়াম অক্সালেট অধঃক্ষিপ্ত এবং কস্টিক সোডা পুনরুৎপন্ন হয়। ফিলটার করিবার পর প্রাপ্ত পরিস্রুত ক্ষারীয় দ্রবণকে গাঢ় করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয় এবং প্রাপ্ত ক্যালসিয়াম অক্সালেট অবশেষে প্রয়োজনীয় পরিমাণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে অক্সালিক অ্যাসিড মুক্তিলাভ করে। পরিশেষে এই অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট ফিলটার করার পর কেলাসিত করা হয়।

$$(C_6H_{10}O_5)_n+9n[O]\rightarrow 3n(COOH)_2+2nH_2O$$

(3) অক্সালিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের আধুনিক পদ্ধতিতে সোডিয়াম ফরমেটকে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে দ্রুত প্রায় 360°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম অক্সালেটে পরিণত করা হয়। এজন্য প্রথমে কার্বন মনোক্সাইডকে 6—8 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 120°—130° তাপমাত্রায় উত্তপ্ত বিচূর্ণিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপর দিয়া (অথবা উচ্চ চাপে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের ভিতর দিয়া) চালিত করিয়া সোডিয়াম ফরমেট প্রস্তুত করা হয় এবং পরে ঐ মিশ্রণকে দ্রুত 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম অক্সালেট পাওয়া যায়;

$$NaOH+CO\xrightarrow[\text{6-8 বায়ুমণ্ডল}]{120^{\circ}\text{-}130\,C}HCOONa\ (\text{সোডিয়াম ফরমেট})$$

$$2\,HCOONa\xrightarrow[400^{\circ}C]{}\begin{matrix}COONa\\ |\\ COONa\end{matrix}+H_2$$

সোডিয়াম অক্সালেট

উৎপন্ন সোডিয়াম অক্সালেটকে জল দ্বারা দ্রাবিত করিয়া চুনগোলা যোগ করিলে ক্যালসিয়াম অক্সালেটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় এবং এই অধঃক্ষেপকে সংগ্রহ করিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে অক্সালিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়;

$$\begin{matrix}COONa\\ |\\ COONa\end{matrix}+Ca(OH)_2\longrightarrow\begin{matrix}COO\\ |\\ COO\end{matrix}\!\!>Ca+2NaOH$$

$$\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix}\!\!>Ca + H_2SO_4 \longrightarrow \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + CaSO_4$$

ফিলটার করিয়া স্বল্প দ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটকে দূরীভূত করিবার পর দ্রবণকে গাঢ় করিলে $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$, $2H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

(4) সায়ানোজেনকে খনিজ অ্যাসিডের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে অক্সালিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়;

$$\begin{matrix} C\equiv N \\ | \\ C\equiv N \end{matrix} + 4H_2O + 2HCl \longrightarrow \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2NH_4Cl$$

(5) 360°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে সোডিয়াম অক্সালেট উৎপন্ন হয়;

$$2Na + 2CO_2 \longrightarrow \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix}$$

উৎপন্ন সোডিয়াম অক্সালেটকে ইতিপূর্বে প্রদত্ত পদ্ধতি অনুযায়ী অক্সালিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়।

(6) ইথিলিন গ্লাইকলের জারণেও অক্সালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়;

$$\underset{\text{ইথিলিন গ্লাইকল}}{\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} \xrightarrow[-2H_2O]{2[O]} \underset{\text{গ্লাইঅক্সাল}}{\begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix}} \xrightarrow{2[O]} \underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}}$$

9.13 অক্সালিক অ্যাসিডের ধর্ম

ভৌতধর্ম : অক্সালিক অ্যাসিড দুই অণু কেলাস জলসহ বর্ণহীন প্রিজ্মাকৃতি কেলাস (গলনাঙ্ক 101·5°C) গঠন করে। উত্তপ্ত করিলে, বিশেষত কার্বনটেট্রা-ক্লোরাইড সহ উত্তপ্ত করিলে, অনার্দ্র অক্সালিক অ্যাসিড (গলনাঙ্ক 189·5°C) উৎপন্ন হয়। ইহা জলে দ্রাব্য, অ্যালকোহলে আরো বেশি দ্রাব্য। কিন্তু ইথারে ইহার দ্রাব্যতা কম।

রাসায়নিক ধর্ম :

(1) অক্সালিক অ্যাসিডের উল্লেখযোগ্য বিজারণ ধর্ম আছে। অক্সালিক অ্যাসিড অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে উষ্ণ অবস্থায় বর্ণহীন করে এবং নিজে জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়;

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5(COOH)_2 = 10CO_2 + 8H_2O + K_2SO_4 + 2MnSO_4$$

(2) জিঙ্ক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন অক্সালিক অ্যাসিডকে গ্লাইকলিক অ্যাসিডে বিজারিত করে ;

$$HOOC\text{-}COOH + 4[H] \xrightarrow{Zn + H_2SO_4} HOH_2C\text{-}COOH + H_2O$$

(3) অক্সালিক অ্যাসিড মোটামুটি তীব্র অ্যাসিড, নীল লিটমাস লাল করে এবং সোডিয়াম কার্বনেট হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে। কার্বক্সিল মূলকের কার্বনের সহিত ইলেকট্রন আকর্ষী অপর একটি কার্বক্সিলমূলক সরাসরি যুক্ত থাকার ফলে ইহার তীব্রতা (H^+ উৎপন্ন করার ক্ষমতা) ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি অপেক্ষা অধিক ;

$$Na_2CO_3 + (COOH)_2 \longrightarrow (COONa)_2 + H_2O + CO_2$$

(4) দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড হিসাবে অক্সালিক অ্যাসিড দুই সারি লবণ—নর্মাল ও অ্যাসিড লবণ গঠন করিতে পারে ;

$$(COOH)_2 + KOH \rightarrow H_2O + HOOC\text{-}COOK$$

পটাসিয়াম হাইড্রোজেন অক্সালেট

$$HOOC\text{—}COOK + KOH \rightarrow H_2O + KOOC\text{-}COOK$$

পটাসিয়াম অক্সালেট

(5) অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়াকালেও ইহা অনুরূপভাবে নর্মাল এস্টার ও অ্যাসিড এস্টার গঠন করে ;

$$C_2H_5OH + (COOH)_2 \rightarrow H_2O + HOOCCOOC_2H_5$$

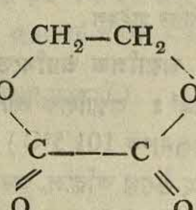
ইথাইল হাইড্রোজেন অক্সালেট

$$C_2H_5OH + HOOCCOOC_2H_5 \rightarrow H_2O + C_2H_5OOC\text{-}COOC_2H_5$$

ডাইইথাইল অক্সালেট

(6) ইথিলিন গ্লাইকলের সহিত অক্সালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় একটি বৃত্তীয় এস্টার উৎপন্ন হয় ;

$$HO - CH_2 - CH_2 - OH + HOOC\ COOH \rightarrow$$



ইথিলিন অক্সালেট

(7) অতিরিক্ত পরিমাণ ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সালিক অ্যাসিড সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড ক্লোরাইডে (অক্সালিল ক্লোরাইড) পরিণত হয় ;

$$HOOC\cdot COOH + 2PCl_5 \longrightarrow ClOC\cdot COCl + 2POCl_3 + 2HCl$$

অক্সালিল ক্লোরাইড

(8) অক্সালিক অ্যাসিডকে নিরুদিত করিয়া অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত করা যায় না, অ্যানহাইড্রাইডের পরিবর্তে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। সেজন্য অক্সালিক অ্যাসিডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত 95°C

তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রণ নির্গত হইতে থাকে ;

$$HOOC.COOH+[H_2SO_4]\longrightarrow CO+CO_2+[H_2O+H_2SO_4]$$

(9) অ্যামোনিয়াম অক্সালেটকে শুষ্ক পাতিত করিলে অক্সামাইড উৎপন্ন হয়, যাহাকে ফসফরাস পেন্টঅক্সাইড দ্বারা আরো নিরুদিত করিলে সায়ানোজেন পাওয়া যায় ;

$$H_4NOOC\text{-}COONH_4 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} 2H_2O+H_2NOC\text{-}CONH_2 \text{ (অক্স্যামাইড)}$$

$$H_2NOC\text{-}CONH_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{P_2O_5} 2H_2O+N\equiv C-C\equiv N \text{ (সায়ানোজেন)}$$

অক্সালিক অ্যাসিড অক্স্যামিক অ্যাসিড নামে পরিচিত এক অর্ধঅ্যামাইডও গঠন করে ;

$$HOOC\text{-}COONH_4 \xrightarrow[-H_2O]{\text{উত্তাপ}} HOOC\text{-}CONH_2 \text{ (অক্স্যামিক অ্যাসিড)}$$

9.14 ব্যবহার

(1) রঞ্জন শিল্পে রঙ সংস্থাপক হিসাবে এবং ছাপাইয়ের কাজে প্রচুর পরিমাণ অক্সালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (2) ফটোগ্রাফিক ডেভলপার হিসাবে পটাসিয়াম ফেরাস অক্সালেট ব্যবহৃত হয়। (3) ধাতু ও মোজাইক পালিসে অক্সালিক অ্যাসিডের ব্যবহার আছে। (4) কালি বা মরিচার দাগ তুলিতে এবং পরীক্ষাগারে আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে অক্সালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

9.15 ফরমিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) একটি পরীক্ষানলে অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড বা ফরমেট লবণের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। প্রজ্বলিত করিলে উহা পরীক্ষানলের মুখে নীলশিখা সহ জ্বলিতে থাকে। (2) ফরমেট লবণের প্রশম দ্রবণে প্রশম ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণ গাঢ় লালবর্ণ ধারণ করে। উত্তপ্ত করিলে ঐ দ্রবণ হইতে বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। (3) ফরমেট লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে সিলভারের কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। (4) ফরমেট লবণের দ্রবণে মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে মারকিউরাস ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

9.16 অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের শুষ্ক সোডিয়াম লবণের সহিত আরসেনিয়াস অক্সাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ক্যাকোডিল অক্সাইড $(CH_3)_2As-O-As(CH_3)_2$ নামক বিষাক্ত দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হয়। (2) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সহিত ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে মিষ্ট ফলের গন্ধযুক্ত

ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। (3) অ্যাসিটেট লবণের প্রশম দ্রবণে প্রশম ফেরিক-ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণ গাঢ় লালবর্ণ ধারণ করে। ঐ দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে ক্ষারকীয় ফেরিক অ্যাসিটেটের বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

9.17 অক্সালিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা

(1) একটি পরীক্ষানলে অক্সালিক অ্যাসিড কেলাসের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসমিশ্রণকে প্রজ্বলিত করিলে উহা পরীক্ষানলের মুখে নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। (2) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত অক্সালিক অ্যাসিড বা অক্সালেট লবণ দ্রবণে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ যোগ করিয়া উষ্ণ করিলে, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের বেগুনী বর্ণ অন্তর্হিত হয়। (3) অক্সালেট লবণের প্রশম দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম অক্সালেটের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। এই অধঃক্ষেপ অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য।

9 18 জৈব যৌগের পারস্পরিক রূপান্তর

(1) মিথেন হইতে ফর্মিক অ্যাসিড ও বিপরীত রূপান্তর ঃ

(A) $CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } NaOH} CH_3OH \xrightarrow{[O]} HCOOH$

মিথেন; মিথাইল ক্লোরাইড; মিথাইল অ্যালকোহল; ফরমিক অ্যাসিড

(B) $HCOOH \xrightarrow{Ca(OH)_2} (HCOO)_2Ca \xrightarrow{\Delta} HCHO \xrightarrow[Na/Hg+H_2O]{[H]} CH_3OH$

ফরমিক অ্যাসিড; ক্যালসিয়াম ফরমেট; ফরম্যালডিহাইড; মিথাইল অ্যালকোহল

$\xrightarrow{P+I_2} CH_3I \xrightarrow[Zn/Cu+H_2O]{[H]} CH_4$

মিথাইল আয়োডাইড; মিথেন

(2) ইথেন হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও বিপরীত রূপান্তর ঃ

(A) $C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2} C_2H_5Cl \xrightarrow{\text{লঘু } NaOH} C_2H_5OH \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$

ইথেন; ইথাইল ক্লোরাইড; ইথাইল অ্যালকোহল; অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(B) $CH_3COOH \xrightarrow{KOH} CH_3COOK \xrightarrow{\text{তড়িৎ-বিশ্লেষণ}} C_2H_6$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড; পটাসিয়াম অ্যাসিটেট; ইথেন

(3) ফরমিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও বিপরীত রূপান্তর ঃ

(A) $HCOOH \xrightarrow{Ca(OH)_2} (HCOO)_2Ca \longrightarrow HCHO \xrightarrow[Na/Hg+H_2O]{[H]} CH_3OH$

ফরমিক অ্যাসিড; ক্যালসিয়াম ফরমেট; ফরম্যালিডহাইড; মিথাইল অ্যালকোহল

$\xrightarrow{P+I_2} CH_3I \xrightarrow{KCN} CH_3CN \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3COOH$

মিথাইল আয়োডাইড — মিথাইল সায়ানাইড — অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(B) $CH_3COOH \xrightarrow{NaOH} CH_3COONa \xrightarrow[\triangle]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড — সোডিয়াম অ্যাসিটেট — মিথেন — মিথাইল ক্লোরাইড

$\xrightarrow[\triangle]{\text{লঘু } NaOH} CH_3OH \xrightarrow{[O]} HCOOH$

মিথাইল অ্যালকোহল — ফরমিক অ্যাসিড

(4) ফরমিক অ্যাসিড হইতে অক্সালিক অ্যাসিড ও বিপরীত রূপান্তর :

(A) $HCOOH \xrightarrow{Na_2CO_3} HCOONa \xrightarrow[-H_2]{360^\circ C} NaOOC\text{-}COONa$

ফরমিক অ্যাসিড — সোডিয়াম ফরমেট — সোডিয়াম অক্সালেট

$\xrightarrow{Ca(OH)_2} (COO)_2Ca \xrightarrow{\text{লঘু } H_2SO_4} HOOC\text{-}COOH$

(B) $HOOC\text{-}COOH \xrightarrow[-CO_2\,;\ 100-110^\circ C]{\text{গ্লিসারল}} HCOOH$

অক্সালিক অ্যাসিড — ফরমিক অ্যাসিড

(5) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে ইথাইল অ্যালকোহল এবং বিপরীত রূপান্তর :

(A) $CH_3COOH \xrightarrow{NH_4OH} CH_3COONH_4 \xrightarrow{\triangle} CH_3CONH_2$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড — অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট — অ্যাসিট্যামাইড

$\xrightarrow[\triangle]{P_2O_5} CH_3CN \xrightarrow[Na/Hg+H_2O]{[O]} CH_3CH_2NH_2$

মিথাইল সায়ানাইড — ইথাইল অ্যামিন

$\xrightarrow{HNO_2} CH_3CH_2OH$ (ইথাইল অ্যালকোহল)

(B) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$

ইথাইল অ্যালকোহল — অ্যাসিট্যালডিহাইড — অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(6) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটোন ও বিপরীত রূপান্তর :

(A) $CH_3COOH \xrightarrow{Ca(OH)_2} (CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\triangle} CH_3COCH_3$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড — ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট — অ্যাসিটোন

$+CaCO_3$

ক্যালসিয়াম কার্বনেট

(B) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[KMnO_4+H^+]{[O]} CH_3COOH + HCOOH$

অ্যাসিটোন — অ্যাসিটিক অ্যাসিড — ফরমিক অ্যাসিড

অথবা

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{NaOH+I_2} CH_3COONa + (CHI_3) \xrightarrow{H^+} CH_3COOH$$

অ্যাসিটোন — সোডিয়াম অ্যাসিটেট — আয়োডোফর্ম — অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(7) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটিলিন ও বিপরীত রূপান্তর :

(A) $$CH_3COOH \xrightarrow{Ca(OH)_2} (CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\triangle} CH_3COCH_3 \xrightarrow{I_2+NaOH} CHI_3$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড — ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট — অ্যাসিটোন — আয়োডোফর্ম

$$\xrightarrow[\triangle]{Ag\ চূর্ণ} CH\equiv CH$$

অ্যাসিটিলিন

(B) $$CH\equiv CH \xrightarrow[H_2O(60^\circ-80^\circ C)]{20\% H_2SO_4+Hg^{++}} CH_3CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

অ্যাসিটিলিন — অ্যাসিট্যালডিহাইড — অ্যাসিটিক অ্যাসিড

সার-সংক্ষেপ

অ্যালডিহাইড জারিত করিলে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে ফ্যাটি অ্যাসিড বলে। ইহাদের সাধারণ সঙ্কেত $C_nH_{2n+1}COOH$। ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অণুতে দুইটি কার্বক্সিলিক মূলক থাকে।

ফরমিক অ্যাসিড বা মিথানোয়িক অ্যাসিড, HCOOH

প্রস্তুত প্রণালী : (1) পরীক্ষাগারে গ্লিসারলের উপস্থিতিতে অক্সালিক অ্যাসিডকে 100°—110°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ;

$$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2OH + HOOC\text{-}COOH \xrightarrow{-H_2O} CH_2(OH)\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2OCOCOOH$$

$$\xrightarrow{-CO_2} CH_2(OH)\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2OCOH \xrightarrow{HOOC\text{-}COOH} CH_2(OH)\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2OCOCOOH + HCOOH$$

(2) $$2CH_3OH + O_2\ (বায়ু) \xrightarrow[\triangle]{Pt} 2HCHO + 2H_2O$$

$$2HCHO + O_2\ (বায়ু) \xrightarrow[\triangle]{Pt} 2HCOOH$$

(3) $$HC\equiv N + HCl + 2H_2O \longrightarrow HCOOH + NH_4Cl$$

(4) শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি : $CO+NaOH \xrightarrow[\text{7 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}]{125^\circ C} HCOONa$

$2HCOONa+H_2SO_4 \longrightarrow 2HCOOH+Na_2SO_4$

(5) $CHCl_3+4NaOH \longrightarrow 3NaCl+HCOONa+2H_2O$

ধর্ম : ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল, স্ফুটনাঙ্ক 100·5°C, আ. গু. 1·24। ফ্যাটি অ্যাসিডগুলির মধ্যে তীব্রতম যদিও অজৈব অ্যাসিডগুলির তুলনায় অনেক দুর্বল।

(1) কার্বনিল মূলকের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত থাকায় ইহার বিজারণ ধর্ম আছে।

(a) $HCOONa+AgNO_3 \rightarrow NaNO_3+HCOOAg$

$2HCOOAg \xrightarrow{\triangle} CO_2+H_2O+2Ag$

(b) $HCOOH+[O] \xrightarrow{KMnO_4 \text{ দ্রবণ}} H_2O+CO_2$

(c) $HCOOH \xrightarrow{Pd} CO_2+H_2$

(2) অ্যাসিড ধর্ম : (a) $NaOH+HCOOH \rightarrow HCOONa+H_2O$

(b) $HCOOH+C_2H_5OH \longrightarrow HCOOC_2H_5+H_2O$

(3) নিরুদন : $HCOOH+H_2SO_4$ (গাঢ়) $\rightarrow CO+[H_2O+H_2SO_4]$

(4) $2HCOONa \xrightarrow{400^\circ C} NaOOC-COONa+H_2$

(5) $(HCOO)_2Ca \xrightarrow{\triangle} CaCO_3+HCHO$

(6) $HCOOH+PCl_5 \longrightarrow 2HCl+CO+POCl_3$

ব্যবহার : জীবাণুনাশক ও ফলের রস সংরক্ষক হিসাবে ; চর্মশিল্পে ; রঞ্জনশিল্পে ল্যাটেক্স জমাট বাঁধাইতে ; বনস্পতি উৎপাদনের অনুঘটক প্রস্তুতিতে ; ইত্যাদি।

অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা ইথানোয়িক অ্যাসিড, CH_3COOH

প্রস্তুতি : (1) C_2H_5OH বা CH_3CHO-এর জারণে :

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[K_2Cr_2O_7+H_2SO_4]{[O]} CH_3CHO \xrightarrow[K_2Cr_2O_7+H_2SO_4]{[O]} CH_3COOH$$

(2) **দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতি :**

$C_2H_5OH\ (6-10\%)+O_2$ (বায়ু) $\xrightarrow[\text{অ্যাসিটোব্যাকটর অ্যাসেটি}]{35-40^\circ C}$

CH_3COOH (লঘু দ্রবণ বা ভিনিগার)

(3) **পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে :**

$2CH_3COOH$ (পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড) $+Ca(OH)_2 \xrightarrow{-2H_2O}$

$$(CH_3COO)_2Ca \text{ (দ্রবণ)} \xrightarrow{\triangle} \text{গ্রে অ্যাসিটেট অব লাইম} \xrightarrow{H_2SO_4} CaSO_4 + 2CH_3COOH$$

(4) $CH_3C{\equiv}N + 2H_2O + HCl \longrightarrow CH_3COOH + NH_4Cl$

(5) $CH{\equiv}CH \xrightarrow[20\%H_2SO_4+Hg]{H_2O\ ;\ 60^\circ-80^\circ C} CH_3CHO \xrightarrow[(CH_3COO)_2Mn]{O_2\ ;\ 55^\circ C,\ 5 \text{ বায়ুমণ্ডল}} CH_3COOH$

(6) $CH_3COCl + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + HCl$

(7) $CH_3CONH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + NH_3$

(8) $CN_3COOC_2H_5 + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$

ধর্ম : ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল ; স্ফুটনাঙ্ক 118°C ; আ, গু. 1·055। ইহাকে ফ্যাটি অ্যাসিড শ্রেণীর প্রতিনিধি স্থানীয় হিসাবে গণ্য করা হয়।

(1) $NaOH + CH_3COONa \xrightarrow[\triangle]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4 + Na_2CO_3$

(2) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\triangle} CH_3COCH_3 + CaCO_3$

(3) $2CH_3COOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO} CH_3COCH_3 + H_2O + CO_2$

(4) $(CH_3COO)_2Ca + (HCOO)_2Ca \xrightarrow{\triangle} 2CaCO_3 + 2CH_3CHO$

(5) $2CH_3COOH + Zn \longrightarrow (CH_3COO)_2Zn + H_2$

(৬) $CH_3COOH + PCl_5 \longrightarrow HCl + POCl_3 + CH_3COCl$

(7) $2CH_3COOH \xrightarrow[-H_2O]{P_2O_5} (CH_3CO)_2O$

(8) $CH_3COONH_4 \xrightarrow[-H_2O]{\triangle} CH_3CONH_2 \xrightarrow[-H_2O]{P_2O_5} CH_3C{\equiv}N$

(9) $CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

(10) $2CH_3COONa + LiAlH_4 \longrightarrow 2CH_3CH_2ONa + LiAlO_2$

(11) $CH_3COOH \xrightarrow[-HCl]{(P)\ Cl_2} ClCH_2COOH \xrightarrow[-HCl]{(P)\ Cl_2} Cl_2CHCOOH \xrightarrow[-HCl]{(P)\ Cl_2} Cl_3CCOOH$

(12) $CH_3COOK \xrightarrow{\text{তড়িৎ-বিশ্লেষণ}} C_2H_6 + 2CO_2$ (অ্যানোডে)

ব্যবহার : প্লাস্টিক, রেয়ন, অ্যাসিটিল ক্লোরাইড, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাসিটোন, ইথাইল অ্যাসিটেট, অ্যাস্পিরিন, ফেনাসেটিন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ; ভিনিগার হিসাবে খাদ্যে ; রবার ল্যাটেক্স জমাইবার জন্য এবং অন্যান্য বহু কার্যে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অক্সালিক অ্যাসিড, HOOC-COOH

প্রস্তুতি : (1) পরীক্ষাগারে V_2O_5-এর উপস্থিতিতে ইক্ষুশর্করাকে উষ্ণ গাঢ় HNO_3 দ্বারা জারিত করিয়া অক্সালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 18[O] \xrightarrow[V_2O_5]{HNO_3} 6(COOH)_2 + 5H_2O$$

(2) $(C_6H_{10}O_5)_n + 9n[O] \xrightarrow[250^\circ C]{NaOH} 3n(COOH)_2 + 2nH_2O$
কাঠের সেলুলোজ

$$(COOH)_2 + 2NaOH \rightarrow (COONa)_2 + 2H_2O$$

(3) $NaOH + CO \xrightarrow[7\text{ বায়ুমণ্ডল}]{125^\circ C} HCOONa \xrightarrow[-H_2]{360^\circ C} NaOOC\text{-}COONa$

(4) $N\equiv C\text{-}C\equiv N + 4H_2O + 2\,HCl \longrightarrow HOOC\text{-}COOH + 2NH_4Cl$

(5) $CH_2(OH)\text{-}CH_2OH \xrightarrow{[O]} OHC\text{—}CHO \xrightarrow{[O]} HOOC\text{-}COOH$

ধর্ম : দুই অণু কেলাস জলযুক্ত প্রিজমাকৃতি কেলাস। জলে দ্রাব্য অ্যাসিড।

(1) **বিজারণ ধর্ম :** (a) $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5(COOH)_2 \rightarrow 10CO_2 + 8H_2O + K_2SO_4 + 2MnSO_4$

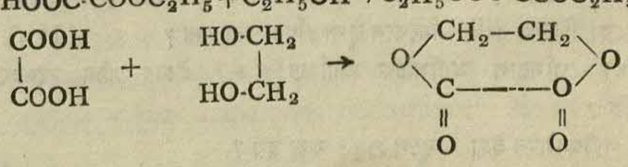
(b) $HOOC\text{-}COOH + 4[H] \xrightarrow{Zn + \text{লঘু } H_2SO_4} HOH_2C\text{-}COOH + H_2O$

(2) **অ্যাসিড ধর্ম :**

(a) $Na_2CO_3 + (COOH)_2 \rightarrow (COONa)_2 + H_2O + CO_2$

(b) $(COOH)_2 + KOH \rightarrow HOOC\text{-}COOK + H_2O$
$HOOC\text{-}COOK + KOH \rightarrow (COOK)_2 + H_2O$

(c) $C_2H_5OH + (COOH)_2 \rightarrow HOOC\text{-}COOC_2H_5 + H_2O$
$HOOC\text{-}COOC_2H_5 + C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5OOC\text{-}COOC_2H_5$

(d)


(e) $HOOC\text{—}COOH + 2PCl_5 \rightarrow ClO\text{·}C\text{-}COCl + 2POCl_3 + 2HCl$

(3) $HOOC\text{—}COOH + H_2SO_4\ (\text{গাঢ়}) \rightarrow CO + CO_2 + [H_2O + H_2SO_4]$

(4) $HOOC\text{-}COOH + 2NH_4OH \rightarrow NH_4OOC-COONH_4 + 2H_2O$

$$NH_4OOC-COONH_4 \xrightarrow{\Delta} NH_2OC.CONH_2 + 2H_2O$$

$$H_2NOC-CONH_2 \xrightarrow[\text{[}P_2O_5\text{]}]{\Delta} N{\equiv}C-C{\equiv}N + 2H_2O$$

ব্যবহার : রঞ্জনশিল্পে, ছাপার কার্যে, ফটোগ্রাফিতে, ধাতু ও মোজাইক পালিসে, পরীক্ষাগারে এবং কালি ও মরিচার দাগ তুলিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড বলা হয় কেন? সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড সমগণীয় সারির সাধারণ সংকেত কি? সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডগুলির বিভিন্ন প্রস্তুত প্রণালী ও সাধারণ ধর্ম আলোচনা কর।

2. সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের এমন কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোচনা কর যাহাদের মধ্যে যথাক্রমে (a) অ্যালকিল মূলক, (b) শুধুমাত্র হাইড্রক্সিল মূলক, (c) শুধুমাত্র কার্বনিল মূলক এবং, (d) সামগ্রিকভাবে কার্বক্সিল মূলক অংশগ্রহণ করে।

উদ্ভিজ্জ তৈল ও চর্বিগুলি কোন শ্রেণীর যৌগ? স্যাপোনিফিকেশন বলিতে কি বুঝ?

3. কি করিয়া পরীক্ষাগারে ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত ও বিশোধিত করা হয়? ফরমিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি কি?

উপযুক্ত সমীকরণসহ দুইটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রমাণ কর যে, ফরমিক অ্যাসিডের (a) অ্যাসিড ধর্ম এবং (b) বিজারণ ধর্ম আছে। কি করিয়া ফরমিক অ্যাসিড সনাক্ত করিবে?

4. অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতির বিবরণ দাও। গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড কি? অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে কি উপায়ে (i) অ্যাসিটোন (ii) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও (iii) মিথেনে রূপান্তরিত করা যায়? [H. S. 1980]

5. (a) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড কি? ইহার গঠন সংকেত লিখ। ভিনিগার কি?

(b) পরীক্ষাগারে ইহা কিরূপে প্রস্তুত করা হয়?

(c) ইহার ক্যালসিয়াম লবণকে শুষ্ক পাতিত করিলে কি ঘটে? [Tripura, '82]

(d) PCl_5-এর সহিত ইহা কিরূপে বিক্রিয়া করে? [Tripura, 1982]

6. (a) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে আরম্ভ করিয়া কিরূপে ইথাইল অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটোন প্রস্তুত করিবে ? [J. E. 1980]

(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে আরম্ভ করিয়া কিরূপে ইথেন ও ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করিবে ? [J. E. 1981]

(c) ক্যালসিয়াম কার্বাইড হইতে কিরূপে অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ? [Tripura, 1980]

7. দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতিতে কি করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ? পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে কিরূপে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবে ?

অ্যাসিটিক অ্যাসিডের চারিটি রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর। কি করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড সনাক্ত করিবে ?

8. টীকা লিখ :

(a) হেল ভলার্ড হ্যালোজিনেশন পদ্ধতি, (b) রেপে কার্বক্সিলেশন পদ্ধতি, (c) স্যাপোনিফিকেশন, (d) কোল্বের বিক্রিয়া।

9. অক্সালিক অ্যাসিডের গঠনসঙ্কেত কি ? কি করিয়া ইহাকে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয় ? কি করিয়া বিশুদ্ধ সোদক অক্সালিক অ্যাসিড কেলাসের পণ্যোৎপাদন করা হয় ? অক্সালিক অ্যাসিডের কয়েকটি রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর। ইহার ব্যবহার কি ? ইহাকে কি করিয়া সনাক্ত করা হয় ?

10. কি করিয়া ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করিবে (H. S. '81 ; J. E. '78) ? ইহাদের প্রত্যেকের দুইটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর। কি করিয়া ফরমিক অ্যাসিড ও ফরম্যালডিহাইডের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করিবে (H.S. '82) ? কি করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করিবে ?

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কারণ দেখাও :

(a) সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলিকে ফ্যাটি অ্যাসিড বলে কেন ?

(b) জৈব যৌগের আর্দ্রবিশ্লেষণকে স্যাপোনিফিকেশন বলা হয় কেন ?

(c) অক্সালিক অ্যাসিড ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি অপেক্ষা তীব্রতর কেন ?

(d) ফরমিক অ্যাসিড অন্যান্য সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড অপেক্ষা বেশি তীব্র কেন ?

(e) ফরমিক অ্যাসিডে বিজারণ ধর্ম দেখা যায় কেন ?

(f) নিম্নতর ফ্যাটি অ্যাসিডগুলির স্ফুটনাঙ্ক তুলনামূলকভাবে বেশি কেন ?

(g) অনেক সময় কার্বক্সিল মূলককে কার্বনিল ও হাইড্রক্সিল মূলকের সমাহার হিসাবে গ্রহণ করা বিধেয় কেন ?

(h) ফরমিক অ্যাসিডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিরুদিত করা যায় না কেন ?

(i) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া অক্সালিক অ্যাসিডের সোদক কেলাস হইতে জল অণু দূরীভূত করা যায় না কেন ?

(j) দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতির সাহায্যে 14% অপেক্ষা অধিক গাঢ়ত্বের অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় না কেন ?

(k) ফরমিক অ্যাসিডকে সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির মধ্যে প্রতিনিধি স্থানীয় বলিয়া বিবেচনা করা হয় না কেন ?

2. উপযুক্ত সমীকরণ ও উৎপাদিত যৌগের নাম সহ লিখ, কি ঘটে যখন

(a) অক্সালিক অ্যাসিড ও গ্লিসারিনের মিশ্রণকে 110°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। [J. E. 1982]

(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে পৃথক পৃথকভাবে থায়োনিল ক্লোরাইড ও PCl_5 (বা PCl_3) সহ উত্তপ্ত করা হয়। [H. S. 1979, Tripura, 1982]

(c) শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে পাতিত করা হয়। [Tripura, 1982]

(d) 200°C তাপমাত্রায় কস্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত চাপে কার্বন মনোক্সাইড বিক্রিয়া করে। [J. E. 1980]

(e) মিথাইল সায়ানাইডকে লঘু অ্যাসিড দ্রবণসহ ফুটানো হয়।

(f) ফরমেট লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্যে অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হয়।

(g) ফরমিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করা হয়।

(h) সোডিয়াম ফরমেটকে 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

(i) ফরমিক অ্যাসিডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হয়।

(j) ক্যালসিয়াম ফরমেটকে শুষ্ক পাতিত করা হয়।

(k) অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাষ্পকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালনা করা হয়।

(l) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে ফসফরাস পেন্টঅক্সাইডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়।

(m) শুষ্ক অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটকে উত্তপ্ত করা হয়।

(n) লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে ক্লোরিন চালনা করা হয়।

(o) ভ্যানাডিয়াম পেন্টঅক্সাইডের উপস্থিতিতে ইক্ষু শর্করাকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড-সহ উত্তপ্ত করা হয়।

(p) সোডিয়াম ফরমেটকে দ্রুত 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

(q) 360°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হয়।

3. কিরূপে প্রস্তুত করিবে ?

(a) অ্যাসিটিলিন হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড। [J. E. '78, H. S. '81]

(b) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড। [H. S. '80]

(c) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে মিথেন। [H. S. '79, Tripura '82]

(d) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে ইথেন। [H. S. '78]

(e) অ্যাসিট্যালডিহাইড হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড। [H. S. '78]

(f) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটোন। [H. S. '79]

(g) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে ফরমিক অ্যাসিড। [J. E. '81, '82]

(h) ফরমিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড।

(i) ফরমিক অ্যাসিড হইতে অক্সালিক অ্যাসিড।

(j) অক্সালিক অ্যাসিড হইতে ফর্মিক অ্যাসিড।

4. নিম্নলিখিত জৈবযৌগ রূপান্তর বিক্রিয়ায় [A], [B], [C] ইত্যাদি স্থানে উপযুক্ত জৈব পদার্থগুলির সংকেত ও নাম লিখ :

(a) $C_2H_5OH \xrightarrow{PI_3} [A] \xrightarrow{KCN} [B] \xrightarrow[H^+]{H_2O} [C]$ [H. S. '80]

(b) $CH_3COOH \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Ca লবণ}} [A] \xrightarrow{Zn + \text{গাঢ় } HCl} [B]$

(c) $CO_2 \xrightarrow[360^\circ C]{Na} [A] \xrightarrow{\text{লঘু } H_2SO_4 + Zn} [B]$

(d) $[A] \xrightarrow[100-110^\circ C]{\text{গ্লিসারল}} [B] \xrightarrow{HgCl_2 \text{ দ্রবণ}} [C] + Hg_2Cl_2$

(e) $[A] \xrightarrow[200^\circ C + \text{চাপ}]{NaOH} [B] \xrightarrow[\triangle]{AgNO_3 \text{ দ্রবণ}} HCOOAg \xrightarrow{\triangle} [C]$

(f) $[A] \xrightarrow{Ca(OH)_2} [B] \xrightarrow{\triangle} [C] \xrightarrow[[H]]{Na/Hg + H_2O} [D] \xrightarrow{P + I_2} [E] \xrightarrow{KCN} [F] \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3COOH$

(g) $[A] \xrightarrow{Na_2CO_3} [B] \xrightarrow[\triangle]{\text{সোডা-লাইম}} CH_4 \xrightarrow{Cl_2} [C] \xrightarrow[\triangle]{\text{লঘু } NaOH} [D] \xrightarrow[[O]]{} [E]$

১০

অ্যাসিডসঞ্জাত যৌগসমূহ

(ACID DERIVATIVES)

10.1 সূচনা

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, অ্যালিফেটিক কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের মধ্যে হাইড্রক্সিল মূলক (–OH) থাকে এবং এই মূলক ব্যতীত অবশিষ্ট অংশ (RCO–) অনেক বিক্রিয়ায় অবিকৃত থাকিয়া অংশগ্রহণ করে। তাই অ্যালিফেটিক অ্যাসিডের এই (RCO–) অংশকে 'অ্যাসিল মূলক' হিসাবে নামকরণ করা হইয়াছে। এই অ্যাসিল মূলকের সহিত যথাক্রমে ক্লোরাইড (–Cl), অ্যামিনো (–NH_2) ও অ্যালকানোয়েট (–OOCR) মূলকের সংযুক্তিতে উৎপন্ন যৌগসমূহ (RCOCl, $RCONH_2$ এবং RCOOCOR) অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যাসিড অ্যামাইড ও অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড নামে পরিচিত।

10.2 অ্যাসিড ক্লোরাইড, RCOCl

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের হাইড্রক্সিল মূলক (–OH) অংশকে ক্লোরাইড মূলক-দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যাসিড ক্লোরাইড বা অ্যাসিল ক্লোরাইড (RCOCl) উৎপন্ন হয়। মূল অ্যাসিডের নাম অনুসারে ইহাদের নামকরণ করা হয়; যেমন,

$CH_3COOH \longrightarrow CH_3COCl$
অ্যাসিটিক অ্যাসিড → অ্যাসিটিল ক্লোরাইড

$CH_3CH_2COOH \longrightarrow CH_3CH_2COCl$ ইত্যাদি
প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড → প্রোপিয়োনিল ক্লোরাইড

সাধারণত ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড, ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড, থায়োনিল ক্লোরাইড বা সালফিউরিল ক্লোরাইডের সহিত অনার্দ্র অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যাসিড ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

অ্যাসিডের ক্লোরাইডগুলির প্রস্তুতপ্রণালী ও ধর্ম এই শ্রেণীর প্রতিনিধি স্থানীয় যৌগ অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের প্রস্তুতপ্রণালী ও ধর্ম হইতে প্রতীয়মান হয়।

অ্যাসিটিল ক্লোরাইড (Acetyl Chloride), CH_3COCl

10.3 প্রস্তুতি

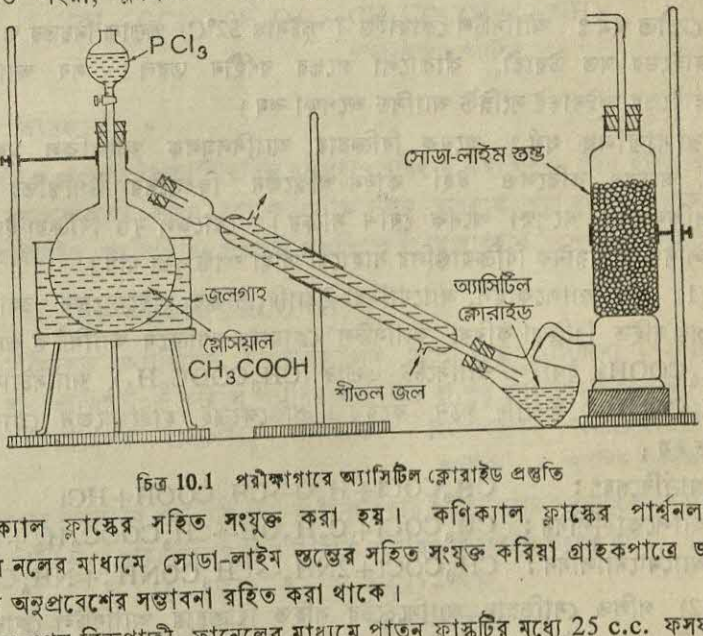
(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতপ্রণালী :** অনার্দ্র গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সহিত ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড (PCl_3), ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড

(PCl_5), থায়োনিল ক্লোরাইড ($SOCl_2$) অথবা সালফিউরিল ক্লোরাইডের (SO_2Cl_2) বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় ;

$$3CH_3COOH + PCl_3 \rightarrow 3CH_3COCl + H_3PO_3$$
$$CH_3COOH + PCl_5 \rightarrow CH_3COCl + POCl_3 + HCl$$
$$CH_3COOH + SOCl_2 \rightarrow CH_3COCl + SO_2 + HCl$$
$$CH_3COOH + SO_2Cl_2 \rightarrow CH_3COCl + SO_3 + HCl$$

পরীক্ষাগারে সাধারণত ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

বিন্দুপাতী ফানেলযুক্ত পাতন ফ্লাস্কে প্রায় 40 c.c. অনার্দ্র গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড লইয়া, ফ্লাস্কটির নির্গমনলকে শীতকের মাধ্যমে একটি পার্শ্বনলযুক্ত



চিত্র 10.1 পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড প্রস্তুতি

কণিক্যাল ফ্লাস্কের সহিত সংযুক্ত করা হয়। কণিক্যাল ফ্লাস্কের পার্শ্বনলটিকে রবার নলের মাধ্যমে সোডা-লাইম স্তম্ভের সহিত সংযুক্ত করিয়া গ্রাহকপাত্রে জলীয় বাষ্প অনুপ্রবেশের সম্ভাবনা রহিত করা থাকে।

অতঃপর বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে পাতন ফ্লাস্কটির মধ্যে 25 c.c. ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড যোগ করিবার পর, পাতন ফ্লাস্কটিকে জলগাহে বসাইয়া কিছুক্ষণ 50°C-এর নিম্নে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে কিছু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া থাকিলে বাহির হইয়া যায় এবং পরিশেষে জলগাহের তাপমাত্রা বাড়াইয়া 55°C করিলে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড পাতিত হইয়া গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয়। ব্যবহৃত অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে কিছু পিরিডিন উপস্থিত থাকিলে উহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে শোষণ করিয়া বিক্রিয়ার সুবিধা ঘটায়।

(2) শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের মিশ্রণের সহিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটের বিক্রিয়া ঘটানো হয় ;

$$CH_3COONa + SO_2 + Cl_2 \rightarrow CH_3COCl + SO_3 + NaCl$$

90°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ার সাহায্যেও অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের পুনোৎপাদন করা যায় ;

$$(CH_3CO)_2O + HCl \rightarrow CH_3COOH + CH_3COCl$$

(3) পরীক্ষাগারে বেনজোয়িল ক্লোরাইড ও গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড মিশ্রণ পাতিত করিয়াও অ্যাসিটিল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়। পাতনকালে অধিকতর উদ্বায়ী অ্যাসিটিল ক্লোরাইড প্রথমে বহির্গত হয় ;

$$\underset{\text{বেনজোইল ক্লোরাইড}}{C_6H_5COCl} + \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \longrightarrow \underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH} + \underset{\text{অ্যাসিটিল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl}$$

10.4 ধর্ম

ভৌত ধর্ম : অ্যাসিটিল ক্লোরাইড (স্ফুটনাঙ্ক 52°C) অন্যান্য নিম্নতর অ্যাসিড ক্লোরাইডের মত উদ্বায়ী, ঝাঁঝালো গন্ধের বর্ণহীন তরল। সব অ্যাসিড-ক্লোরাইডের স্ফুটনাঙ্কই সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড অপেক্ষা কম।

রাসায়নিক ধর্ম : অনেক বিক্রিয়ায় অ্যাসিলমূলক অ্যালকিল মূলকের ন্যায় আচরণ করিলেও ইহা কার্বন-অক্সিজেন দ্বিবন্ধনের উপস্থিতির জন্য, অ্যালকিলমূলক অপেক্ষা অনেক বেশি সক্রিয়। রোজেনমুণ্ড বিক্রিয়া ইত্যাদি নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে তাহা স্পষ্ট বুঝা যায়।

(1) জল, অ্যালকোহল, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি সক্রিয় হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত যৌগের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটিল ক্লোরাইড যথাক্রমে অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), ইথাইল অ্যাসিটেট এস্টার ($CH_3COOC_2H_5$), অ্যাসিট্যামাইড (CH_3CONH_2) ইত্যাদি গঠন করে। প্রতিক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় ;

আর্দ্রবিশ্লেষণ : $CH_3COCl + H_2O \rightarrow CH_3COOH + HCl$

অ্যালকোহলিসিস : $CH_3COCl + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$

অ্যামোনোলিসিস : $CH_3COCl + 2NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + NH_4Cl$

(2) গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইড অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয় ;

$$CH_3COCl + CH_3COONa \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড}}{(CH_3CO)_2O} + NaCl$$

(3) রোজেনমুন্ড বিক্রিয়া : সোডিয়াম পারদসঙ্কর ও লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে বিজারিত করিলে অথবা প্যালাডিয়াম মিশ্রিত বেরিয়াম সালফেট অনুঘটকের উপর দিয়া অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বাষ্প ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ চালিত করিলে, অ্যাসিটিল ক্লোরাইড অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয় ;

$$CH_3COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} CH_3CHO + HCl$$

$$CH_3COCl+2[H]\xrightarrow{\text{Na/Hg+অ্যাসিড}}CH_3CHO+HCl$$

(4) গলিত জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ডাইইথাইল ইথারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট ও ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ;

$$CH_3COCl+C_2H_5OC_2H_5\xrightarrow{ZnCl_2}CH_3COOC_2H_5+C_2H_5Cl$$

(5) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড পটাসিয়াম সায়ানাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিল সায়ানাইড উৎপন্ন করে যাহাকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে পাইরিউভিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3COCl+KCN\longrightarrow CH_3COCN+KCl$$

$$CH_3COCN+2H_2O\longrightarrow \underset{\text{পাইরিউভিক অ্যাসিড}}{CH_3COCOOH}+NH_3$$

10.5 ব্যবহার

ইহাকে প্রধানত জৈবরাসায়নিক সংশ্লেষণে ব্যবহার করা হয়। জৈব হাইড্রক্সিল-মূলক সনাক্তকরণের জন্যও ইহাকে পরীক্ষাগারে ব্যবহার করা হয়। অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাস্পিরিন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

10.6 অ্যাসিড অ্যামাইড $RCONH_2$

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের হাইড্রক্সিলমূলক অংশটুকুকে অ্যামিনো ($-NH_2$) মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যাসিড অ্যামাইড বা শুধু অ্যামাইড উৎপন্ন হয়। ইহার কার্যকরীমূলক $-CONH_2$ (অ্যামিডো) ; $\underset{\text{অ্যাসিড}}{RCOOH}$; $\underset{\text{অ্যাসিড অ্যামাইড}}{RCONH_2}$

আবার অন্যভাবে বলা যায় যে, অ্যামোনিয়ার হাইড্রোজেন পরমাণুকে অ্যাসিল মূলক (RCO—) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যাসিড অ্যামাইড উৎপন্ন হয় ;

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{H-NH_2} \qquad \underset{\text{অ্যাসিড অ্যামাইড}}{RCO-NH_2}$$

অ্যামোনিয়ার একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যাসিলমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে প্রাইমারি অ্যামাইড, দুইটি হইলে সেকেণ্ডারি অ্যামাইড ও তিনটি হইলে টারসিয়ারি অ্যামাইড পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{প্রাইমারি অ্যামাইড}}{RCONH_2} \qquad \underset{\text{সেকেণ্ডারি অ্যামাইড}}{(RCO)_2NH} \qquad \underset{\text{টারসিয়ারি অ্যামাইড}}{(RCO)_3N}$$

আমরা এখানে আলোচনাকে প্রাইমারি অ্যামাইডের প্রতিনিধিস্থানীয় যৌগ অ্যাসিট্যামাইড সম্পর্কিত আলোচনার মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখিব। অ্যাসিট্যামাইডের প্রস্তুতপ্রণালী ও ধর্ম হইতে প্রাইমারি অ্যামাইডের সাধারণ ধর্মের পরিচয় পাওয়া যাইবে।

অ্যাসিট্যামাইড (Acetamide), CH_3CONH_2

10.7 প্রস্তুতি

1. **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতপ্রণালী :** পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেকে শুষ্কপাতিত করিয়া সাধারণত অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুত করা হয় ;

$$CH_3COONH_4 \rightarrow CH_3CONH_2 + H_2O$$

একটি দীর্ঘ উল্লম্ব কাচনলযুক্ত 250 c.c. গোলতল ফ্লাস্কে 50 গ্রাম অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট ও 50 c.c. গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড লইয়া প্রায় চার ঘন্টা মৃদু উত্তাপে তাপিত করা হয়। বিক্রিয়াজাত জলীয় বাষ্প কাচনল দিয়া বাহির হইয়া যায়। বিক্রিয়াশেষে বিক্রিয়াজাত পদার্থকে উষ্ণ অবস্থায় থার্মোমিটার ও দীর্ঘ পার্শ্বনলযুক্ত পাতন ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করিয়া 215°C তাপমাত্রায় পাতিত করিলে অ্যাসিট্যামাইড বাষ্পাকারে নির্গত হয় এবং শীতক হিসাবে কার্যরত পার্শ্বনলে শীতল হইয়া গ্রাহকপাত্রে কেলাসের আকারে সঞ্চিত হয়। অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোন দ্রবণ হইতে পুনরায় কেলাসিত করিয়া ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয়।

2. অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সহিত শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসের বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন হয় (অ্যামোনোলিসিস)।

$$CH_3COCl + 2NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + NH_4Cl$$
$$(CH_3CO)_2O + 2NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + CH_3COOH$$

3. সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণ ইথাইল অ্যাসিটেট অথবা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের অন্য কোন উপযুক্ত এস্টারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিট্যামাইড গঠন করে ;

$$CH_3COOC_2H_5 + NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$$

4. মিথাইল সায়ানাইডকে (অ্যাসিটোনাইট্রাইল) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ও কস্টিক সোডা দ্রবণের সাহায্যে, অথবা মধ্যম গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে, অসম্পূর্ণভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে অ্যাসিট্যামাইড পাওয়া যায় ;

$$CH_3CN + H_2O \rightarrow CH_3CONH_2$$

কিন্তু সম্পূর্ণভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা উহার লবণ উৎপন্ন হয় ;

$$CH_3CONH_2 + H_2O \rightarrow CH_3COONH_4$$
$$2CH_3COONH_4 + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + (NH_4)_2SO_4$$
$$CH_3COONH_4 + NaOH \rightarrow CH_3COOH + NH_3 + H_2O$$

(5) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে ইউরিয়ার সহিত উত্তপ্ত করিলেও অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন হয় ;

$$CH_3COOH + H_2NCONH_2 \rightarrow CH_3CONH_2 + CO_2 + NH_3$$

10.8 ধর্ম

ভৌতধর্ম ঃ অ্যাসিট্যামাইড, ফর্ম্যামাইড ও ডাইমিথাইল ফর্ম্যামাইড ব্যতীত অন্য সব অ্যাসিডঅ্যামাইডের ন্যায় বর্ণহীন, কেলাসাকার কঠিন পদার্থ (গলনাঙ্ক 82°C, স্ফুটনাঙ্ক 220°C)। ইহা জল, অ্যালকোহল ও ইথারে অতিশয় দ্রাব্য। অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকার জন্য ইহার গন্ধ নেংটি ইঁদুরের গায়ের গন্ধের মত মনে হইলেও অ্যাসিটোন দ্রবণ হইতে সদ্য কেলাসিত অবস্থায় ইহা সম্পূর্ণ গন্ধহীন। অ্যাসিট্যামাইডের দুইটি অণু হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে 'ডাইমার' (Dimer) রূপে জোটবদ্ধ থাকে বলিয়া ইহা এত কম উদ্বায়ী।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

1. ইলেকট্রন আকর্ষী কার্বনিল মূলকের সান্নিধ্যে থাকার জন্য ইহার অ্যামিনো মূলকের ইলেকট্রন প্রদায়ী ধর্ম অর্থাৎ ক্ষারকীয় ধর্ম বিলুপ্ত হয়। ইহার জলীয় দ্রবণ লিটমাস কাগজের সাপেক্ষে সম্পূর্ণ প্রশম। তবে অ্যাসিট্যামাইড উভধর্মী যৌগ হিসাবে বিক্রিয়া করিতে পারে।

গাঢ় খনিজ অ্যাসিড অ্যাসিট্যামাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সংশ্লিষ্ট লবণ উৎপন্ন করে ;

$$CH_3CONH_2 + H_2SO_4 \rightarrow [CH_3-C(OH)NH_2]^+HSO_4^-$$

আবার সোডামাইড ইথার দ্রবণে অ্যাসিট্যামাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহার সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন করে ;

$$CH_3CONH_2 + NaNH_2 \rightarrow [CH_3CONH]^-Na^+ + NH_3$$

উপরি-উক্ত উভয়প্রকার লবণই জলের সংস্পর্শে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়, তবে অ্যাসিট্যামাইডের মারকিউরিক লবণ অনেক বেশি সুস্থিত। অ্যাসিট্যামাইডের দ্রবণের সহিত মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে শেষোক্ত লবণ গঠিত হয়।

$$HgO + 2CH_3CONH_2 \rightarrow (CH_3CONH)_2Hg + H_2O$$

2. লঘু অ্যাসিড বা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যামাইড আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা উহার লবণে পরিণত হয় ;

$$CH_3CONH_2 + H_2O + HCl \rightarrow CH_3COOH + NH_4Cl$$

$$CH_3CONH_2 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + NH_3$$

3. ফসফরাস পেন্টঅক্সাইড ইত্যাদি তীব্র নিরুদকের সহিত মিশাইয়া পাতিত করিলে অ্যাসিট্যামাইড অ্যাসিটোনাইট্রাইল বা মিথাইল সায়ানাইডে পরিণত হয় ;

$$CH_3CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} CH_3CN + H_2O$$

4. নাইট্রাস অ্যাসিড অ্যাসিট্যামাইডকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং নাইট্রোজেন নির্গত হয় ;

$$CH_3CONH_2 + ONOH \rightarrow CH_3COOH + N_2 + H_2O$$

5. লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড অ্যাসিট্যামাইডকে সমসংখ্যক কার্বন-পরমাণুযুক্ত ইথাইলঅ্যামিনে বিজারিত করে ;

$$2CH_3CONH_2 + LiAlH_4 \rightarrow 2CH_3CH_2NH_2 + LiAlO_2$$

সোডিয়াম ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনও একই রূপ বিক্রিয়া করে ;

$$CH_3CONH_2 + 4[H] \xrightarrow{\text{Na+অ্যালকোহল}} CH_3CH_2NH_2 + 2H_2O$$

6. ব্রোমিন অ্যাসিট্যামাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটোব্রোম্যামাইড গঠন করে ; $CH_3CONH_2 + Br_2 \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটোব্রোম্যামাইড}}{CH_3CONHBr} + HBr$

কিন্তু বিক্রিয়াকালে কস্টিক পটাস (বা কস্টিক সোডা) দ্রবণ উপস্থিত থাকিলে অ্যাসিটোব্রোম্যামাইড প্রথমে মিথাইল আইসোসায়ানেটে পরিণত হয়, যাহা পরে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া মিথাইল অ্যামিন (অ্যাসিট্যামাইডের কার্বনসংখ্যা অপেক্ষা একটি কম কার্বনসংখ্যাযুক্ত যৌগ) উৎপন্ন করে ;

$$CH_3CONHBr + KOH \rightarrow \underset{\text{মিথাইল আইসোসায়ানেট}}{CH_3-N=CO} + KBr + H_2O$$

$CH_3-N=CO + 2KOH \rightarrow K_2CO_3 + CH_3NH_2$ (মিথাইল অ্যামিন)

ব্রোমিন ও কস্টিক পটাসের পরিবর্তে পটাসিয়াম বা সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট বা হাইপোক্লোরাইট ব্যবহৃত হইলেও অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটে। এই বিক্রিয়াকে হফম্যান বিক্রিয়া বা হফম্যান অবনয়ন (Hofmann's reaction or Hofmann's degradation) বলে।

হফম্যান বিক্রিয়া অ্যাসিড অ্যামাইড শ্রেণীর যৌগের একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ সাধারণ বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে বিভিন্ন প্রাইমারি অ্যামিন প্রস্তুত করা হয়। এতদ্ব্যতীত যেহেতু এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অ্যামাইডের কার্বন-সংখ্যা অপেক্ষা একটি কম কার্বনসংখ্যাযুক্ত অ্যামিন উৎপন্ন হয়, সেজন্য অধিক কার্বনসংখ্যাযুক্ত যৌগকে কম কার্বনসংখ্যাযুক্ত যৌগে পরিণত করিবার জন্য প্রায়শ এই বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয়।

10.9 ব্যবহার

পরীক্ষাগারে মিথাইল অ্যামিন ইত্যাদি জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে অ্যাসিট্যামাইড ব্যবহৃত হয়।

10.10 অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড, $(RCO)_2O$

অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডকে দুই অণু অ্যাসিড হইতে এক অণু জলের দূরীভবনের ফলে উৎপন্ন যৌগ হিসাবে গণ্য করা যায়

$$\underset{\|\atop O}{RC}-OH + HO-\underset{\|\atop O}{CR} \rightarrow \underset{\|\atop O}{RC}-O-\underset{\|\atop O}{CR} + H_2O$$

আবার ইথারকে যেমন জলের অণুর দুইটি হাইড্রোজেনকে দুইটি অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন যৌগ অর্থাৎ ডাইঅ্যালকিল অক্সাইড হিসাবে কল্পনা করা যায় অনুরূপভাবে, অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডকে ডাইঅ্যাসিল অক্সাইড হিসাবে গ্রহণ করা চলে ;

$$H-O-H\;;\quad (CH_3CO)-O-(OCCH_3)$$

যদিও ফসফরাস পেন্টঅক্সাইডের ন্যায় তীব্র নিরুদকের সাহায্যে নিরুদিত করিলে ক্ষুদ্রতর অ্যাসিডগুলি সরাসরি সংশ্লিষ্ট অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়, তবু উৎপাদনের পরিমাণ কম হয় বলিয়া এই পদ্ধতি বাস্তব প্রস্তুতিতে কদাচিৎ ব্যবহৃত হইতে দেখা যায় ;

$$2\,RCOOH \xrightarrow{P_2O_5} (RCO)_2O + H_2O$$

সাধারণত অ্যাসিড ক্লোরাইডের সহিত অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করিয়া অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত করা হয় ;

$$RCOCl + NaOOCR \rightarrow (RCO)_2O + NaCl$$

একটি অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের সহিত অপর এক অ্যাসিডের অ্যাসিড-ক্লোরাইড বিক্রিয়া করিলে মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয় ;

$$R_1COCl + R_2COONa \rightarrow R_1CO-O-OCR_2 + NaCl$$

অবশ্য এই মিশ্র অ্যানহাইড্রাইডগুলি খুব বেশি সুস্থিত নয় ; দীর্ঘদিন সংরক্ষণ করিলে ধীরে ধীরে সংশ্লিষ্ট দুইটি সরল অ্যানহাইড্রাইডে রূপান্তরিত হয় ;

$$2R_1CO-O-OCR_2 \rightarrow (R_1CO)_2O + (R_2CO)_2O$$

উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া সহজেই সংশ্লিষ্ট উচ্চতর অ্যাসিডটির অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত করা যায় ;

$$2\,RCOONa + (CH_3CO)_2O \rightarrow 2CH_3COONa + (RCO)_2O$$

এখানে আমরা প্রতিনিধিস্থানীয় অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড—অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড সম্পর্কিত বিষয়ে আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখিব।

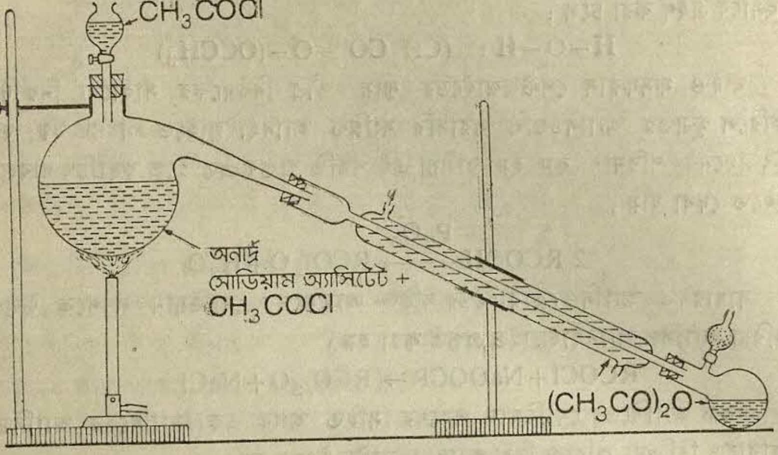
অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড (Acetic anhydride), $(CH_3CO)_2O$

10.11 প্রস্তুতি

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতপ্রণালী : পরীক্ষাগারে অনার্দ্র অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটের মিশ্রণ পাতিত করিয়া অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত করা হয়। $CH_3COCl + CH_3COONa \rightarrow (CH_3CO)_2O + NaCl$

একটি বিন্দুপাতী ফানেলযুক্ত রিটর্টের মধ্যে 50 গ্রাম বিচূর্ণিত গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেট লইয়া উহাকে শীতকের মাধ্যমে একটি গ্রাহক ফ্লাস্কের সহিত সংযুক্ত করা হয়। গ্রাহক ফ্লাস্কটির পার্শ্বনলকে একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ বাল্বের সহিত সংযুক্ত করিয়া বিক্রিয়াকালে সম্পূর্ণ অনার্দ্র অবস্থা বজায় রাখার

ব্যবস্থা করা থাকে। রিটর্টটিকে জলের সাহায্যে শীতল অবস্থায় রাখিয়া বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে উহার মধ্যে 40 গ্রাম অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। সমস্ত অ্যাসিটিল ক্লোরাইড যোগ করা শেষ হইলে রিটর্টটিকে



চিত্র 10.2 পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত

ভালোভাবে ঝাঁকাইয়া পাতিত করা হয়। 135°–140°C তাপমাত্রার মধ্যে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড পাতিত হইয়া গ্রাহকফ্লাস্কে সঞ্চিত হইতে থাকে। অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের পরিবর্তে ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইডও ব্যবহার করা যায়;

$$4\ CH_3COONa + POCl_3 \rightarrow 2\ (CH_3CO)_2O + NaPO_3 + 3\ NaCl$$

উৎপন্ন অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে পুনরায় পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

(2) সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সহিত সালফার ক্লোরাইড (SCl_2) মিশ্রিত করিয়া 15°–20°C তাপমাত্রায় ক্লোরিন চালনা করিলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়;

$$8\ CH_3COONa + SCl_2 + 2\ Cl_2 \rightarrow 4(CH_3CO)_2O + 6\ NaCl + Na_2SO_4$$

ইহা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপাদনের এক পুরাতন পদ্ধতি।

(3) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপাদনের অপর এক পদ্ধতিতে অ্যাসিটিলিনকে মারকিউরিক সালফেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে শোষিত করিয়া ইথিলিডিন অ্যাসিটেটে পরিণত করা হয়। উৎপন্ন ইথিলিডিন অ্যাসিটেটকে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড নির্গত হয়;

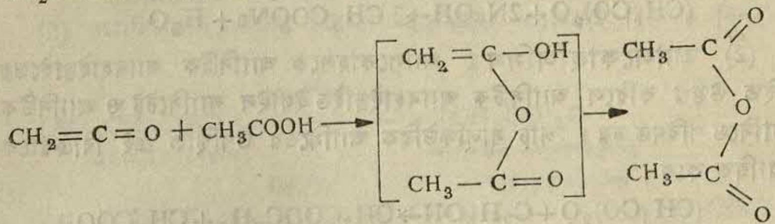
$$2\ CH_3COOH + CH \equiv CH \xrightarrow{HgSO_4} \underset{\text{ইথিলিডিন অ্যাসিটেট}}{CH_3CH(OOCCH_3)_2}$$

$$CH_3CH(OOCCH_3)_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} (CH_3CO)_2O + CH_3CHO$$

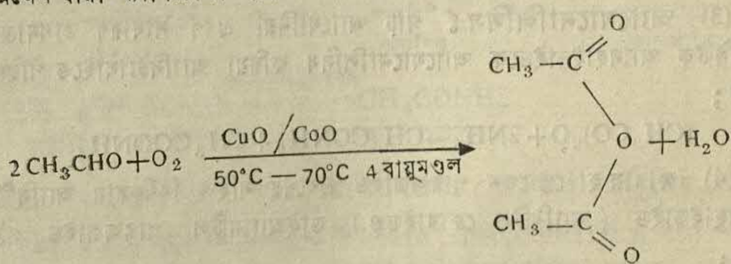
(4) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাষ্পকে 250° – 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত জিঙ্ক অক্সাইড বা বেরিয়াম অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলেও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায় ;

$$2\,CH_3COOH \xrightarrow[250^\circ - 300^\circ C]{ZnO} (CH_3CO)_2O + H_2O$$

(5) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড শিল্পোৎপাদনের একটি পদ্ধতিতে কিটিন ($CH_2=CO$)-এর সহিত গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হয় ;



(6) বর্তমানে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে প্রধানত কপার-কোবাল্ট অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে 50° – 70°C তাপমাত্রায় ও 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইডের জারণের সাহায্যে উৎপাদন করা হয় ;



এই পদ্ধতিতে জারণ করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইডের প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডে এবং এক-তৃতীয়াংশ গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

10.12 ধর্ম

ভৌতধর্ম : অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন প্রশম তরল ; স্ফুটনাঙ্ক 137°C, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·082। সব অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্কই সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড হইতে উচ্চতর। শীতল জলে ইহা স্বল্পমাত্রায় দ্রবীভূত হইয়া ধীরে ধীরে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইতে থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম : অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড অ্যামোনিয়া ও হাইড্রক্সিলমূলক-যুক্ত যৌগগুলির সহিত অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের ন্যায় (অবশ্য অপেক্ষাকৃত ধীর-

গতিতে) বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেনকে অ্যাসিটিলমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে (অ্যাসিলেশন বিক্রিয়া)।

(1) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড শীতল জলে ধীরে ধীরে এবং উষ্ণ জলে দ্রুতগতিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। খনিজ অ্যাসিড বা ক্ষারের লঘু দ্রবণের উপস্থিতিতে এই আর্দ্রবিশ্লেষণ বিক্রিয়া আরো দ্রুত হয় ;

$$(CH_3CO)_2O + H_2O \rightarrow 2\ CH_3COOH\ ;$$

$$(CH_3CO)_2O + 2NaOH \rightarrow 2\ CH_3COONa + H_2O$$

(2) **অ্যালকোহলিসিস ঃ** অ্যালকোহলকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ইথাইল অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতি এই বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে ;

$$(CH_3CO)_2O + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

অ্যালকোহল অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে 'অ্যালকোহলিসিস' বিক্রিয়ায় বিয়োজিত করে, অপরপক্ষে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড অ্যালকোহলকে 'অ্যাসিটিলেশন' বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেটে পরিণত করে।

(3) **অ্যামোনোলিসিস ঃ** গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে অ্যামোনোলিসিস করিয়া অ্যাসিট্যামাইডে পরিণত করে ;

$$(CH_3CO)_2O + 2NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + CH_3COONH_4$$

(4) ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড (অ্যাসিটিল ক্লোরাইডও) ডাইঅ্যাসিটিল পারঅক্সাইড গঠন করে ;

$$2(CH_3CO)_2O + H_2O_2 \longrightarrow \underset{\text{ডাইঅ্যাসিটিল পারঅক্সাইড}}{CH_3CO.O.O.OCCH_3} + 2CH_3COOH$$

(5) লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড দ্বারা বিজারিত হইলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ;

$$(CH_3CO)_2O + 8[H] \xrightarrow{LiAlH_4} 2CH_3CH_2OH + H_2O$$

10.13 ব্যবহার

(1) অ্যাসিটেট রেয়ন ও ফটোগ্রাফিক ফিল্ম প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ব্যবহৃত হয়। (2) বিভিন্ন রঞ্জক পদার্থ ও ঔষধ প্রস্তুতিতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের ব্যবহার আছে। (3) জৈব রাসায়নিক সংশ্লেষণে এবং পরীক্ষাগারে হাইড্রক্সিল মূলকযুক্ত জৈব যৌগের সনাক্তকরণেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

10.14 জৈব যৌগের পারস্পরিক রূপান্তর

(1) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড হইতে অ্যাসিট্যামাইড ও বিপরীত রূপান্তর :

(A) $CH_3COCl \xrightarrow{\text{শুষ্ক } NH_3} CH_3CONH_2$

অ্যাসিটিল ক্লোরাইড অ্যাসিট্যামাইড

(B) $CH_3CONH_2 \xrightarrow[{[H_2O]}]{\text{লঘু অ্যাসিড}/\Delta} CH_3COOH \xrightarrow[PCl_5]{\text{গাঢ়ীকৃত অ্যাসিড}+} CH_3COCl$

অ্যাসিট্যামাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটিল ক্লোরাইড

(2) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড হইতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ও বিপরীত রূপান্তর :

(A) $CH_3COCl \xrightarrow{CH_3COONa} (CH_3CO)_2O$

অ্যাসিটিল ক্লোরাইড অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

(B) $(CH_3CO)_2O \xrightarrow{[H_2O]} CH_3COOH \xrightarrow[+PCl_5]{\text{গাঢ়ীকৃত অ্যাসিড}} CH_3COCl$

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটিল ক্লোরাইড

(3) অ্যাসিট্যামাইড হইতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ও বিপরীত রূপান্তর :

(A) $CH_3CONH_2 \xrightarrow[{[H_2O]}]{\text{লঘু অ্যাসিড}/\Delta} CH_3COOH \xrightarrow[P_2O_5]{\text{গাঢ়ীকৃত অ্যাসিড}} (CH_3CO)_2O$

অ্যাসিট্যামাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

(B) $(CH_3CO)_2O \xrightarrow{\text{গাঢ় } NH_3 \text{ দ্রবণ}} CH_3CONH_2$

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড অ্যাসিট্যামাইড

10.15 জৈব যৌগ রূপান্তরে অ্যাসিডসঞ্জাত যৌগসমূহের ভূমিকা

জৈব যৌগ রূপান্তর বিক্রিয়ায় অ্যাসিডসঞ্জাত যৌগসমূহ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। হফম্যান বিক্রিয়ার (Br_2 ও KOH দ্রবণ যোগ করিয়া) সাহায্যে অ্যাসিড অ্যামাইড হইতে একটি কম কার্বনসংখ্যাযুক্ত অ্যামিন উৎপন্ন হয়। জৈব যৌগ রূপান্তরে কার্বনসংখ্যা হ্রাস করিবার এই পদ্ধতি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। আবার একটি অতিরিক্ত কার্বনযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতির সময়েও মধ্যবর্তী যৌগ হিসাবে অ্যাসিড অ্যামাইডের ভূমিকা থাকে। এতদ্ব্যতীত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বিজারিত করিয়া সমসংখ্যক কার্বনযুক্ত অন্যান্য যৌগ (অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড ইত্যাদি) প্রস্তুতির সময় অ্যাসিডসঞ্জাত যৌগগুলি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি যে, কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে সরাসরি বিজারিত করা কষ্টকর। সেইজন্য একটি পদ্ধতিতে প্রথমে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে অ্যাসিড ক্লোরাইডে পরিণত করিয়া পরে রোজেনমুণ্ড বিক্রিয়ার (Na/Hg + লঘু অ্যাসিড) সাহায্যে ঐ অ্যাসিড ক্লোরাইডকে সংশ্লিষ্ট অ্যালডিহাইডে বিজারিত করা

হয়। অপর এক পদ্ধতিতে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে প্রথমে অ্যাসিড অ্যামাইডে পরিণত করিয়া, সোডিয়াম ও অ্যালকোহলের সাহায্যে সংশ্লিষ্ট অ্যামিনে বিজারিত করা হয়। নিম্নে উপরোক্ত পদ্ধতিগুলির কয়েকটি উদাহরণ প্রদত্ত হইল।

(1) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে ফরমিক অ্যাসিড :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \xrightarrow{NH_4OH} \underset{\text{অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONH_4} \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} \underset{\text{অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONH_2} \xrightarrow{Br_2+KOH} \underset{\text{মিথাইল অ্যামিন}}{CH_3NH_2}$$

$$\xrightarrow{HNO_2} \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH} \xrightarrow[{[O]}]{K_2Cr_2O_7+\text{গাঢ় } H_2SO_4} \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH}$$

(2) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \xrightarrow{PCl_5} \underset{\text{অ্যাসিটিল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} \xrightarrow[{[H]}]{Na/Hg+\text{লঘু } HCl} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO}$$

(3) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে ইথিলিন :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \xrightarrow{NH_4OH} \underset{\text{অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONH_4} \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} \underset{\text{অ্যাসিটামাইড}}{CH_3CONH_2}$$

$$\xrightarrow[{[H]}]{Na/\text{অ্যালকোহল}} \underset{\text{ইথাইল অ্যামিন}}{CH_3CH_2NH_2} \xrightarrow{HNO_2} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} \xrightarrow[165°C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4}$$

সার-সংক্ষেপ

কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ($R-COOH$)-এর মধ্যে $-OH$ মূলক ব্যতীত অবশিষ্ট অংশ ($RCO-$) মূলককে অ্যাসিল মূলক বলে এবং ঐ মূলক $-Cl$ মূলকের সংযোগে অ্যাসিড ক্লোরাইড, $-NH_2$ মূলকের সংযোগে অ্যাসিড-অ্যামাইড এবং $-OOR$ মূলকের সংযোগে অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করে। এই যৌগগুলি অ্যাসিডসঞ্জাত যৌগ নামে পরিচিত।

অ্যাসিটিল ক্লোরাইড, CH_3COCl

অ্যাসিড ক্লোরাইডগুলির মধ্যে প্রতিনিধিস্থানীয়।

প্রস্তুতি : (1) পরীক্ষাগারে অনার্দ্র গ্লেসিয়াল CH_3COOH-এর সহিত PCl_3, PCl_5, $SOCl_2$ বা SO_2Cl_2-এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইহাকে প্রস্তুত করা হয়।

$$3CH_3COOH+PCl_3 \rightarrow 3CH_3COCl+H_3PO_3$$
$$CH_3COOH+PCl_5 \rightarrow CH_3COCl+HCl+POCl_3$$
$$CH_3COOH+SOCl_2 \rightarrow CH_3COCl+HCl+SO_2$$
$$CH_3COOH+SO_2Cl_2 \rightarrow CH_3COCl+HCl+SO_3$$

(2) শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি :

$$CH_3COONa + SO_2 + Cl_2 \rightarrow CH_3COCl + SO_3 + NaCl$$

অথবা, $(CH_3CO)_2O + HCl \xrightarrow{90°C} CH_3COOH + CH_3COCl$

(3) $CH_3COOH + C_6H_5Cl \xrightarrow{\Delta} C_6H_5COOH + CH_3COCl$

ধর্ম : উদ্বায়ী ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল।

(1) আর্দ্র বিশ্লেষণ :

$$CH_3COCl + H_2O \rightarrow CH_3COOH + HCl$$

(2) অ্যালকোহলিসিস :

$$CH_3COCl + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$$

(3) অ্যামোনোলিসিস :

$$CH_3COCl + 2NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + NH_4Cl$$

(4) $CH_3COCl + CH_3COONa$ (গলিত) $\rightarrow (CH_3CO)_2O + NaCl$

(5) রোজেনমুণ্ড বিক্রিয়া :

$$CH_3COCl + 2[H] \xrightarrow{Na/Hg + \text{লঘু অ্যাসিড}} CH_3CHO + HCl$$

অথবা, $CH_3COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} CH_3CHO + HCl$

(6) $CH_3COCl + C_2H_5OC_2H_5 \xrightarrow{\text{গলিত } ZnCl_2} CH_3COOC_2H_5 + C_2H_5Cl$

(7) $CH_3COCl + KCN \rightarrow CH_3COCN + KCl$

$$CH_3COCN + 2H_2O \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3COCOOH + \overset{+}{N}H_4$$

ব্যবহার : অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাসপিরিন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, পরীক্ষাগারে ও জৈব রাসায়নিক সংশ্লেষণে বিকারক হিসাবে।

অ্যাসিট্যামাইড, CH_3CONH_2

ইহা প্রতিনিধিস্থানীয় অ্যাসিড অ্যামাইড।

প্রস্তুতি : লেবরেটরি পদ্ধতি :

(1) $CH_3COONH_4 \xrightarrow{\Delta} CH_3CONH_2 + H_2O$

(2) $CH_3COCl + 2NH_3$ (শুষ্ক) $\rightarrow CH_3CONH_2 + NH_4Cl$

(3) $(CH_3CO)_2O + 2NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + CH_3COOH$

(4) $CH_3COOC_2H_5 + NH_3$ (গাঢ় দ্রবণ) $\rightarrow CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$

(5) $CH_3CN + H_2O \xrightarrow{\text{মধ্যম গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CONH_2$

(6) $\underset{\text{গ্লেসিয়াল}}{CH_2COOH} + H_2NCONH_2 \xrightarrow{\Delta} CH_3CONH_2 + CO_2 + NH_3$

ধর্ম ঃ বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন ; জল, অ্যাকোহল ও ইথারে দ্রাব্য। লিটমাস কাগজের সাপেক্ষে সম্পূর্ণ প্রশম, তবে উভধর্মী যৌগ হিসাবেও বিক্রিয়া করিতে পারে।

(1) $CH_3CONH_2 + NaNH_2 \rightarrow [CH_3CONH^-]Na^+ + NH_3$

(2) $CH_3CONH_2 + H_2SO_4$ (গাঢ়) $\rightarrow [CH_3C(OH)NH_2^+]HSO_4^-$

(3) $CH_3CONH_2 + H_2O + HCl \rightarrow CH_3COOH + NH_4Cl$

(4) $CH_3CONH_2 + NaOH$ (লঘু) $\rightarrow CH_3COONa + NH_3$

(5) $CH_3CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5/\Delta} CH_3CN + H_2O$

(6) $CH_3CONH_2 + 4[H] \xrightarrow{Na + C_2H_5OH} CH_3CH_2NH_2 + 2H_2O$

(7) $CH_3CONH_2 + 4KOH + Br_2 \rightarrow CH_3NH_2 + 2KBr + K_2CO_3 + 2H_2O$

ব্যবহার ঃ পরীক্ষাগারে এবং মিথাইল অ্যামিন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে।

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, $(CH_3CO)_2O$

ইহা অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডগুলির মধ্যে প্রতিনিধিস্থানীয়।

প্রস্তুতি ঃ (1) পরীক্ষাগারে অনার্দ্র অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিশ্রণ পাতিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয় ;

$$CH_3COCl + CH_3COONa \xrightarrow{\Delta} (CH_3CO)_2O + NaCl$$

(2) $8CH_3COONa + SCl_2 + 2Cl_2 \rightarrow 4(CH_3CO)_2O + 6NaCl + Na_2SO_4$

(3) $2CH_3COOH$ (গ্লেসিয়াল) $+ CH \equiv CH \xrightarrow{HgSO_4} CH_3CH(OOCH_3)_2 \xrightarrow{\Delta} (CH_3CO)_2O + CH_3CHO$

(4) $2CH_3COOH \xrightarrow[250° - 300°C]{ZnO} (CH_3CO)_2O + H_2O$

(5) $2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow[60°C/4 \text{ বায়ুমণ্ডল}]{CuO/CoO} (CH_3CO)_2O + H_2O$

ধর্ম ঃ ইহা শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন প্রশম তরল। আ. গু. 1·08 ; স্ফুটনাঙ্ক 137°C।

(1) শীতল জলে অল্পমাত্রায় দ্রবীভূত হইয়া ধীরে ধীরে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

$$(CH_3CO)_2O + H_2O \rightarrow 2CH_3COOH$$

(2) $(CH_3CO)_2O + 2NaOH \rightarrow 2CH_3COONa + H_2O$

(3) $(CH_3CO)_2O + C_2H_5OH \xrightarrow[\Delta]{} CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$

(4) $(CH_3CO)_2O + 2NH_3$ (গাঢ় দ্রবণ) $\rightarrow CH_3CONH_2 + CH_3COONH_4$

(5) $2(CH_3CO)_2O + H_2O_2$ (ক্ষারীয়) $\rightarrow (CH_3CO)_2O_2 + 2CH_3COOH$

(6) $(CH_3CO)_2O + 8[H] \xrightarrow{LiAlH_4} 2CH_3CH_2OH + H_2O$

ব্যবহার ঃ অ্যাসিটেট রেয়ন, ফটোগ্রাফিক ফিল্ম, রঞ্জক পদার্থ, ঔষধ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ; জৈব রাসায়নিক সংশ্লেষণে এবং পরীক্ষাগারে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. (a) পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের প্রস্তুতপ্রণালী বর্ণনা কর। কেমন করিয়া ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয় ? [H. S. 1982]

(b) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে কেমন করিয়া প্রস্তুত করিবে ? [রাসায়নিক শর্ত ও বিক্রিয়া উল্লেখ করিতে হইবে।]

(i) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, (ii) অ্যাসিট্যামাইড, (iii) ইথাইল অ্যাসিটেট। [H. S. 1982]

2. অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের বিভিন্ন প্রস্তুতপ্রণালী বর্ণনা কর। কি করিয়া ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয় ? ইহার রাসায়নিক ধর্মগুলি আলোচনা কর।

3. কি করিয়া পরীক্ষাগারে অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুত করা হয় ? ইহার রাসায়নিক ধর্মগুলি আলোচনা কর। জৈব যৌগ রূপান্তরে অ্যাসিড অ্যামাইডগুলির ভূমিকা উদাহরণসহ আলোচনা কর।

4. কি করিয়া পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত করা হয় ? অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড পণ্যোৎপাদনের একটি পদ্ধতি আলোচনা কর। কি করিয়া অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে (a) ইথাইল অ্যাসিটেট এবং (b) অ্যাসিট্যামাইডে পরিণত করিবে ? অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

5. উপযুক্ত উদাহরণসহ জৈব যৌগ রূপান্তরে অ্যাসিডসঞ্জাত যৌগগুলির ভূমিকা সম্পর্কে আলোচনা কর।

6. টীকা লিখ : (a) হফম্যান অবনয়ন, (b) অ্যাসিলেশন, (c) অ্যালকোহলিসিস, (d) অ্যামোনোলিসিস, (e) রোজেনমুণ্ড বিক্রিয়া।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী ৮

1. কারণ দেখাও :

(a) অ্যাসিলমূলক অ্যালকিলমূলক অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয় কেন ?

(b) মিথাইল সায়ানাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া অ্যাসিট্যামাইডে পরিণত করিবার সময় অতি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন ?

(c) অ্যাসিট্যামাইড কম উদ্বায়ী কেন ?

(d) অ্যাসিট্যামাইডে অ্যামিনোমূলক উপস্থিত থাকা সত্ত্বেও ইহা লিটমাস কাগজ সাপেক্ষে সম্পূর্ণ প্রশম কেন ?

(e) অ্যাসিডঅ্যামাইডের সহিত ব্রোমিন ও কস্টিক পটাসের বিক্রিয়াকে (হফম্যানের) 'অবনয়ন' বলা হয় কেন ?

(f) জলের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের স্তর ক্রমশ স্বাতন্ত্র্য হারাইয়া জলের স্তরে মিশিয়া যায় কেন ?

2. সমীকরণসহ লিখ কি ঘটে যখন—

(a) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে থায়োনিল ক্লোরাইড ও PCl_5 (বা PCl_3) সহ পৃথক পৃথকভাবে উত্তপ্ত করা হয়। [H. S. '79 ; Tripura, '82]

(b) অ্যাসিট্যামাইডের সহিত ব্রোমিন ও কস্টিক সোডা দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটান হয়। [J. E. 1982]

(c) শুষ্ক অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটকে প্রথমে এককভাবে ও পরে ফসফরাস পেন্টঅক্সাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়।

(d) সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের মিশ্রণের সহিত সোডিয়াম অ্যাসি-টেটের বিক্রিয়া ঘটান হয়।

(e) অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের সহিত শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসের বিক্রিয়া ঘটান হয়।

(f) অ্যাসিটিল ক্লোরাইডে সোডিয়াম পারদসঙ্কর ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়।

(g) অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের সহিত পটাসিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিক্রিয়াজাত পদার্থকে লঘু অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হয়।

(h) ইথাইল অ্যাসিটেটে অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণ যোগ করা হয়।

(*i*) অ্যাসিট্যামাইডের ইথারদ্রবণের মধ্যে সোডামাইড যোগ করা হয়।

(j) অনার্দ্র অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিশ্রণকে পাতিত করা হয়।

(k) অ্যাসিটিলিনকে মারকিউরিক সালফেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে শোষিত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে উত্তপ্ত করা হয়।

(l) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে ইথাইল অ্যালকোহলসহ উত্তপ্ত করা হয়।

(m) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডে অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণ যোগ করা হয়।

3. কি করিয়া প্রস্তুত করিবে?

(a) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড হইতে অ্যাসিট্যামাইড [H. S. '82] এবং অ্যাসিট্যামাইড হইতে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড।

(b) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড হইতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড [H. S. '82] এবং অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড হইতে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড।

(c) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড হইতে অ্যাসিট্যামাইড এবং অ্যাসিট্যামাইড হইতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড।

4. [A], [B], [C], [D] ইত্যাদি স্থানে উপযুক্ত জৈব যৌগের সঙ্কেত ও নাম বসাও:

(a) $CH_3COOH \xrightarrow{SOCl_2} [A] \xrightarrow{NH_3} [B] \xrightarrow{Br_2+KOH} [C]$ [H. S. '80]

(b) $CH_3COONH_4 \xrightarrow{\Delta} [A] \xrightarrow{P_2O_5} [B] \xrightarrow[H_2O]{Na/Hg} [C]$

(c) $[A] \xrightarrow{NH_3(\text{গাঢ় দ্রবণ})} [B] \xrightarrow{Br_2+KOH} CH_3NH_2 \xrightarrow[\Delta]{CHCl_3+KOH} [C]$

(d) $[A] \xrightarrow{PCl_5} [B] \xrightarrow[\text{লঘু } HCl]{Na/Hg+} [C] \xrightarrow[H_2O]{Na/Hg+} C_2H_5OH$

(e) $[A] \xrightarrow{P_2O_5} [B] \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} CH_3COOC_2H_5$

(f) $[A] \xrightarrow[\Delta]{CH_3COONa} [B] \xrightarrow{\text{গাঢ় } NH_3 \text{ দ্রবণ}} [C] \xrightarrow{Na+C_2H_5OH} C_2H_5NH_2$

১১
এস্টার
(ESTERS)

11.1 সূচনা

অ্যালকোহল এবং জৈব বা অজৈব আ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জলের সহিত যে-যৌগ উৎপন্ন হয়, তাহাকে এস্টার বলে। যেমন,

$$C_2H_5OH + CH_3COOH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$
ইথাইল অ্যাসিটেট

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_5HSO_4 \quad + H_2O$$ ইত্যাদি
ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

ইথাইল অ্যাসিটেট বা ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে 'এস্টার'—এই সাধারণ নামে অভিহিত করা হয়। অজৈব অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন এস্টারকে অজৈব এস্টার এবং জৈব অ্যাসিড হইকে উৎপন্ন এস্টারকে জৈব এস্টার বলা হয়। সাধারণভাবে এস্টার উৎপত্তির (Esterification) বিক্রিয়াকে নিম্নলিখিতরূপে উপস্থিত করা যায় ;

অ্যালকোহল + অ্যাসিড = এস্টার + জল

এই বিক্রিয়ার সহিত আপাতদৃষ্টিতে ক্ষার ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপত্তির সাদৃশ্য রহিয়াছে ;

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$
ক্ষার অ্যাসিড লবণ জল

সেইজন্য এস্টারগুলির এমনভাবে নামকরণ করা হইয়াছে যেন উহারা সংশ্লিষ্ট অ্যালকিল লবণ, যেমন,

CH_3COONa সোডিয়াম অ্যাসিটেট	$CH_3COOC_2H_5$ ইথাইল অ্যাসিটেট
$NaHSO_4$ সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট	$C_2H_5\text{-}H\text{-}SO_4$ ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

কিন্তু প্রকৃতপক্ষে এই দুই জাতীয় বিক্রিয়া সদৃশ নহে। ক্ষার যখন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে, তখন উৎপন্ন জলের অণু অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ও ক্ষারের হাইড্রক্সিল অংশের সংযুক্তিতে গঠিত হয়। কিন্তু অ্যালকোহল যখন জৈব অ্যাসিড বা অজৈব অক্সিঅ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এস্টার ও জল উৎপন্ন করে, তখন উৎপন্ন জল অণুর মধ্যে অ্যালকোহলের হাই-ড্রোজেন ও অক্সিঅ্যাসিডের হাইড্রক্সিল অংশকে সংযুক্ত থাকিতে দেখা যায়। সেজন্য ^{18}O আইসোটোপ খুব বেশি পরিমাণ আছে এমন এক অ্যালকোহলের

সহিত জৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটিলে দেখা যায় যে, উৎপন্ন জলের মধ্যে ^{18}O আইসোটোপ নাই, কিন্তু উৎপন্ন এস্টারের মধ্যে আছে ;

$$C_2H_5{}^{18}OH + CH_3COOH = CH_3CO^{18}OC_2H_5 + H_2O$$

তবে অ্যালকোহলের সহিত হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের বিক্রিয়ার সময় অন্যরূপ ঘটনা ঘটে ; অ্যালকোহলের হাইড্রক্সিল অংশ অ্যাসিডের হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জলে পরিণত হয়। $C_2H_5-OH + HCl \rightleftharpoons C_2H_5Cl + H_2O$

11.2 এস্টারের সমাবয়বতা

1. সংশ্লিষ্ট অ্যালকোহলের সমাবয়বতার জন্য এস্টারে সমাবয়বতা সৃষ্ট হইতে পারে। যেমন, $CH_3COOCH_2CH_3$ এবং $CH_3COOCH(CH_3)_2$
নর্ম্যাল প্রোপাইল অ্যাসিটেট   আইসোপ্রোপাইল অ্যাসিটেট

2. সংশ্লিষ্ট অ্যাসিডের সমাবয়বতার জন্য এস্টারে সমাবয়বতা সৃষ্ট হইতে পারে। যেমন, $CH_3CH_2CH_2COOCH_3$ এবং $CH_3CH(CH_3)COOCH_3$
মিথাইল বিউটিরেট   মিথাইল α মিথাইল প্রোপিয়োনেট

3. এস্টার সংগঠক অ্যাসিড ও অ্যালকোহল, উভয়েরই অ্যালকিল মূলকে বিভিন্নতার জন্য এস্টারে সমাবয়বতা উৎপন্ন হইতে পারে। যেমন,
$CH_3COOC_2H_5$ এবং $C_2H_5COOCH_3$
ইথাইল অ্যাসিটেট   মিথাইল প্রোপিয়োনেট

4. আবার এস্টার ফ্যাটি অ্যাসিডের সহিতও সমাবয়বী হইতে পারে। যেমন,
CH_3COOCH_3 এবং CH_3CH_2COOH
মিথাইল অ্যাসিটেট   প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড

এখানে আমরা কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের এস্টারসমূহের মধ্যে প্রতিনিধিস্থানীয় এস্টার ইথাইল অ্যাসিটেট এবং অজৈব অ্যাসিডের প্রতিনিধিস্থানীয় এস্টার ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট সম্পর্কে আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখিব। এই দুই প্রতিনিধি-স্থানীয় এস্টারের প্রস্তুতপ্রণালী ও ধর্ম হইতে একই শ্রেণীভুক্ত অন্যান্য এস্টারের প্রস্তুতপ্রণালী ও ধর্মের পরিচয় পাওয়া যাইবে।

ইথাইল অ্যাসিটেট (Ethly acetate), $CH_3COOC_2H_5$

11.3 প্রস্তুতি

1. অ্যালকোহল ও অ্যাসিডের বিক্রিয়া/পরীক্ষাগারে প্রস্তুতপ্রণালী : ইথাইল অ্যালকোহল এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া, অন্যান্য অ্যালকোহলের সহিত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার মতই উভমুখী এবং বিক্রিয়ার ফলে জল উৎপন্ন হয় ; $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5$

বিক্রিয়ক দুইটিকে আণবিক অনুপাতে ব্যবহার করিলে, সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠার পর দেখা যায়, উহাদের দুই-তৃতীয়াংশ এস্টারে পরিণত হইয়াছে। এই বিক্রিয়ার গতি খুব মন্থর। অজৈব অ্যাসিড অনুঘটক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া বিক্রিয়ার গতিবৃদ্ধি

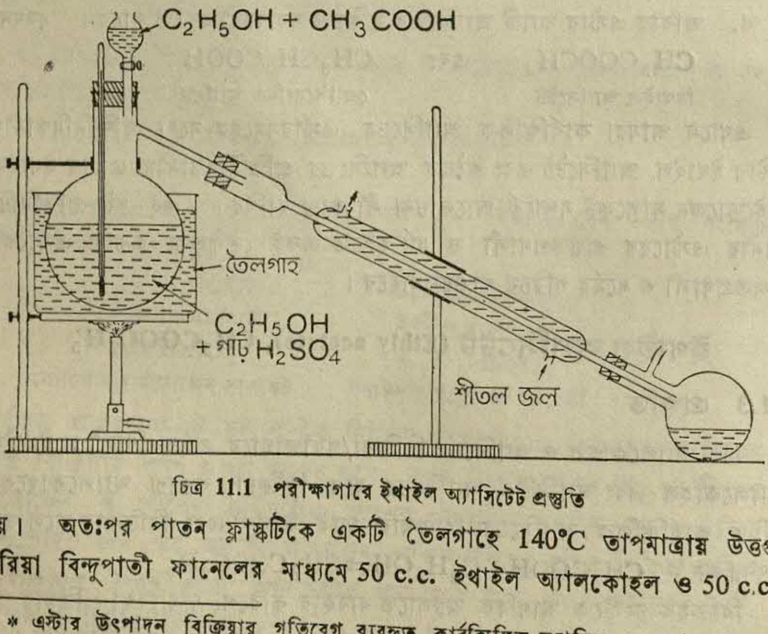
করে।* বিক্রিয়াকালে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ইত্যাদি নিরুদক উপস্থিত থাকিলে বিক্রিয়কগুলি সম্পূর্ণরূপে এস্টারে পরিণত হইতে পারে। অনুঘটনের জন্য সামান্য পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া টলুইনের মত নিষ্ক্রিয় দ্রাবকসহ উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়াজাত জল দ্রাবকের সহিত বাষ্পাকারে নির্গত হয় এবং বিক্রিয়া প্রায় সম্পূর্ণ হয়।

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতপ্রণালী : পরীক্ষাগারে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যালকোহল ও গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিশ্রণ পাতিত করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয় ;

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অনুঘটক হিসাবে বিক্রিয়ার গতিবৃদ্ধি করে এবং সঙ্গে সঙ্গে নিরুদক হিসাবে বিক্রিয়াজাত জল শোষণ করিয়া বিক্রিয়াকে সম্পূর্ণ করিয়া তোলে।

বিন্দুপাতী ফানেল ও থার্মোমিটারযুক্ত একটি 500 c.c. পাতন ফ্লাস্কের মধ্যে 50 c.c. ইথাইল অ্যালকোহল ও 50 c.c. গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ লইয়া ফ্লাস্কটির নির্গম নলকে একটি শীতকের মাধ্যমে গ্রাহক ফ্লাস্কের সহিত সংযুক্ত করা



চিত্র **11.1** পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতি

হয়। অতঃপর পাতন ফ্লাস্কটিকে একটি তৈলগাহে 140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে 50 c.c. ইথাইল অ্যালকোহল ও 50 c.c.

* এস্টার উৎপাদন বিক্রিয়ার গতিবেগ ব্যবহৃত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও অ্যালকোহলের চরিত্রের উপর নির্ভরশীল। প্রাইমারি অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে ইহার মান সর্বাপেক্ষা বেশি এবং টারসিয়ারি অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে সর্বাপেক্ষা কম।

গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড মিশ্রণ বিন্দু বিন্দু আকারে এমন গতিতে যোগ করা হয় যাহাতে ফ্লাস্কের ভিতরকার তরলের পরিমাণ প্রায় নির্দিষ্ট থাকে। ফ্লাস্ক হইতে ইথাইল অ্যাসিটেট, ইথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, জল, সামান্য ইথার ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ পাতিত হইয়া গ্রাহকফ্লাস্কে সঞ্চিত হয়। সঞ্চিত তরলে ইথার যোগ করিয়া পৃথকীকরণ ফানেলে গাঢ় সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সহিত ঝাঁকাইলে মুক্ত অ্যাসিড অংশ প্রশমিত হইয়া নিম্নের জলীয় স্তরে চলিয়া আসে। উপরের ইথার স্তর পৃথক করিয়া গাঢ় সোডিয়াম ক্লোরাইড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে, অ্যালকোহলের প্রায় সম্পূর্ণ অংশ ইথার স্তর ত্যাগ করিয়া জলীয় স্তরে প্রবেশ করে। পরিশেষে পৃথকীকৃত ইথার স্তরকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সাহায্যে নিরুদিত করিবার পর পাতিত করিলে ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়। প্রাপ্ত ইথাইল অ্যাসিটেটকে পুনঃপাতিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

(2) ইথাইল আয়োডাইডকে শুষ্ক সিলভার অ্যাসিটেটের সহিত মিশাইয়া উল্লম্ব শীতকযুক্ত ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিলেও ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়;

$$CH_3COOAg + C_2H_5I \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + AgI$$

অধঃক্ষিপ্ত সিলভার আয়োডাইডকে ফিলটার করিয়া পরিশ্রুত দ্রবণকে পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়।

(3) ইথাইল অ্যালকোহলকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলেও ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়;

$$CH_3COCl + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$$

$$(CH_3CO)_2O + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

বিক্রিয়াজাত তরলকে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের সাহায্যে ধৌত করিয়া অ্যাসিডমুক্ত করা হয়। পরিশেষে যথারীতি শুষ্ক করিয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়।

(4) **টিশেঙ্কো পদ্ধতি (Tischenko esterification):** অ্যাসিট্যাল-ডিহাইডকে উহার ওজনের 3–5% অ্যালুমিনিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে নিষ্ক্রিয় জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় 40°C তাপমাত্রায় ইথাইল অ্যাসিটেটে পরিণত করিয়া আধুনিককালে ইথাইল অ্যাসিটেট শিল্পোৎপাদন করা হয়;

$$2CH_3CHO \xrightarrow{Al(C_2H_5O)_3} CH_3COOC_2H_5$$

11.4 ধর্ম

ভৌতধর্ম: ইথাইল অ্যাসিটেট অন্যান্য নিম্নতর এস্টারের ন্যায় মিষ্টগন্ধযুক্ত প্রশম তরল। অন্যান্য এস্টারের ন্যায় ইহারও স্ফুটনাঙ্ক (77°C) হাইড্রোজেন বন্ধন

না থাকিবার জন্য সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড অপেক্ষা কম। ইহা জল অপেক্ষা হালকা। ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল, ইথার ইত্যাদি জৈব তরলে খুব দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম: (1) **আর্দ্রবিশ্লেষণ**: ফুটন্ত জল অন্যান্য এস্টারের মত ইথাইল অ্যাসিটেটকেও ধীরে ধীরে ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করে। এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়ার বিপরীত এই বিক্রিয়াকে আর্দ্রবিশ্লেষণ বলে।

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH + CH_3COOH$$

এই উভমুখী বিক্রিয়ার ফলে এস্টারের এক-তৃতীয়াংশ আর্দ্রবিশ্লেষিত হইলে সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠিত হয় এবং আর্দ্রবিশ্লেষণ সম্পূর্ণ হইতে পারে না। খনিজ অ্যাসিড অথবা ক্ষারের উপস্থিতি এই বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে। অধিকন্তু ক্ষার উপস্থিত থাকিলে উহা বিক্রিয়াজাত অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে লবণে পরিণত করিয়া বিপরীত-মুখী বিক্রিয়াকে থামাইয়া দেয় এবং আর্দ্রবিশ্লেষণ সম্পূর্ণ হইতে পারে।*

(2) **অ্যামোনোলিসিস (Ammonolysis)**: অ্যামোনিয়া গ্যাস অথবা অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় বা অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিট্যামাইডে পরিণত হয়;

$$CH_3COOC_2H_5 + NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$$

(3) **অ্যালকোহলিসিস (Alcoholysis)**: ইথাইল অ্যাসিটেটকে অতিরিক্ত পরিমাণ মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত মিশাইয়া দীর্ঘক্ষণ শীতকযুক্ত পাত্রে ফুটাইলে (Refluxing) মিথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়;

$$CH_3COOC_2H_5 + CH_3OH \rightleftharpoons CH_3COOCH_3 + C_2H_5OH$$

অন্যান্য অ্যালকোহলের ক্ষেত্রেও অনুরূপ উভমুখী বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট অ্যাল-কোহলের অ্যাসিটেট এস্টার পাওয়া যায়। খনিজ অ্যাসিড অথবা সোডিয়াম অ্যালকোহলেট এইরূপ অ্যালকোহলিসিস বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে।

(4) **অ্যাসিডোলিসিস (Acidolysis)**: অতিরিক্ত পরিমাণ অন্য কোন কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইথাইল অ্যাসিটেটের অ্যাসিটিক অ্যাসিড অংশ সেই অ্যাসিড দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়;

$$CH_3COOC_2H_5 + C_5H_{11}COOH \rightleftharpoons C_5H_{11}COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

এইরূপ বিক্রিয়াকে অ্যাসিডোলিসিস বলে।

---

* উদ্ভিজ্জ তৈল বা চর্বি গ্লিসারল এবং দীর্ঘশৃঙ্খল ফ্যাটি অ্যাসিডের (যেমন স্টিয়ারিক $C_{17}H_{35}COOH$, পামিটিক $C_{15}H_{31}COOH$, ওলেয়িক $C_{17}H_{33}COOH$ অ্যাসিড ইত্যাদি) এস্টার। ক্ষার দ্রবণ মিশাইয়া ফুটাইলে ইহারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া গ্লিসারল এবং সংশ্লিষ্ট দীর্ঘ শৃঙ্খল ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণে পরিণত হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণকে সাবান (Soap) এবং আর্দ্রবিশ্লেষণের ঐ পদ্ধতিকে স্যাপোনিফিকেশন (Saponification) বলে। তবে বৃহত্তর অর্থে এস্টার আর্দ্রবিশ্লেষণের যে-কোন পদ্ধতিকেই অনেকে স্যাপোনিফিকেশন আখ্যা দেন।

(5) **বুভো ব্লাঁ বিজারণ পদ্ধতি (Bonveault Blanc Method)**: সোডিয়াম ও নির্জল অ্যালকোহল মিশাইয়া রিফ্লাক্স করিলে, নির্গত জায়মান হাইড্রোজেন ইথাইল অ্যাসিটেটকে দুই অণু ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত করে,

$$CH_3COOC_2H_5+4[H]\rightarrow 2C_2H_5OH$$

অন্যান্য একক্ষারকীয় জৈব অ্যাসিডের ইথাইল এস্টারকেও এই বিক্রিয়ার সাহায্যে বিজারিত করা যায়।

সোডিয়াম ও নির্জল অ্যালকোহলের পরিবর্তে অধিকতর মহার্ঘ লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডকেও অনুরূপ বিজারণের উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা চলে।

(6) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইথাইল অ্যাসিটেট ইথাইল ক্লোরাইড ও অ্যাসিটিল ক্লোরাইডে পরিণত হয়;

$$CH_3COOC_2H_5+PCl_5\rightarrow CH_3COCl+C_2H_5Cl+POCl_3$$

(7) গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট টারসিয়ারি অ্যালকোহল উৎপন্ন করে;

$$CH_3COOC_2H_5+CH_3MgI\rightarrow CH_3COCH_3+C_2H_5OMgI$$

$$CH_3COCH_3+CH_3MgI\rightarrow CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OMgI$$

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OMgI+H_2O\rightarrow CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OH+MgIOH$$

টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল

11.5 ব্যবহার

ইথাইল অ্যাসিটেট নাইট্রোসেলুলোজ ল্যাকারের দ্রাবক হিসাবে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন জৈব রাসায়নিক শিল্পোৎপাদনে দ্রাবক হিসাবে; লজেন্স, সিরাপ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে কৃত্রিম সুগন্ধিরূপে এবং অবসাদ দূরীকরণের ঔষধ হিসাবেও ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট (Ethyl hydrogen sulphate)

$C_2H_5HSO_4$

11.6 পরীক্ষাগারে প্রস্তুতপ্রণালী

(1) সম আয়তন নির্জল ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণকে জলগাহে প্রায় এক ঘন্টা উত্তপ্ত করিয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট প্রস্তুত করা হয়; $C_2H_5OH+H_2SO_4\rightleftharpoons C_2H_5HSO_4+H_2O$

বিক্রিয়াশেষে অবিকৃত সালফিউরিক অ্যাসিডকে প্রশমিত করিবার জন্য অতিরিক্ত বেরিয়াম কার্বনেট যোগ করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড বেরিয়াম সালফেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম সালফেট ও অবিকৃত বেরিয়াম কার্বনেটকে ফিলটার করিয়া পৃথক করিলে পরিস্রুত হিসাবে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটের বেরিয়াম লবণের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণে শীতল অবস্থায় হিসাব অনুযায়ী সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া পুনরায় ফিলটার করিলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট জল ও অ্যালকোহলের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় নিষ্কাশিত হয়। পরিশেষে এই মিশ্রণকে নিম্নচাপে পাতিত করিলে অশুদ্ধিমুক্ত ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট পাওয়া যায়।

(2) 0°C তাপমাত্রায় ইথাইল অ্যালকোহল ও সালফার ট্রাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়;

$$C_2H_5OH + SO_3 \rightarrow C_2H_5HSO_4$$

(3) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ইথিলিন শোষিত করিলেও ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। এই উপায়ে উৎপাদিত ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে ইথাইল অ্যালকোহল পণ্যোৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

$$C_2H_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5HSO_4$$

11.7 ধর্ম

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট বর্ণহীন, ভারী, জলে দ্রাব্য, তৈলাক্ত তরল। ইহার মধ্যে একই সঙ্গে অ্যাসিড ও এস্টারের ধর্ম দেখিতে পাওয়া যায়। একদিকে ইহা অম্লস্বাদযুক্ত এবং বাইসালফেট লবণগুলির ন্যায় অ্যাসিডীয় ধর্ম প্রদর্শন করে। অপরদিকে ইহা ফুটন্ত জলের সাহায্যে ইথাইল অ্যালকোহল ও সালফিউরিক অ্যাসিডে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া এস্টারের মত আচরণ করে।

$$C_2H_5HSO_4 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + H_2SO_4$$

ইহা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ হইতে অন্যান্য অ্যাসিডের ন্যায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে ও সোডিয়াম লবণে পরিণত হয়;

$$2C_2H_5HSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow 2C_2H_5NaSO_4 + H_2O + CO_2$$

ইহার বেরিয়াম লবণ বেরিয়াম সালফেটের ন্যায় জলে অদ্রাব্য নহে। নিম্নচাপে পাতিত করিলে ইহা বিভাজিত হইয়া ডাই-ইথাইল সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়; $2C_2H_5HSO_4 \rightarrow (C_2H_5)_2SO_4 + H_2SO_4$

অতিরিক্ত অ্যালকোহলের সহিত মিশ্রিত করিয়া 140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন করে;

$$C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH \xrightarrow{140^\circ C} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$$

কিন্তু একাকী অথবা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া 165°C-এ উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন নির্গত হয়; $C_2H_5HSO_4 \xrightarrow{165^\circ C} C_2H_4 + H_2SO_4$

11.8 ব্যবহার

সালফিউরিক অ্যাসিড ও ইথিলিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ইথাইল অ্যালকোহল পণ্যোৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

11.9 সমগণীয় সারিতে অধিরোহণ ও অবরোহণ

(মুক্তশৃঙ্খল যৌগে কার্বন সংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধি সংঘটন)

অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকোহল, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ইত্যাদি সমগণীয় সারিতে, একই সারির অন্তর্ভুক্ত একটি যৌগকে উহার পরবর্তী উর্ধ্বতর যৌগে পরিণত করার (অধিরোহণ) বা পূর্ববর্তী নিম্নতর যৌগে পরিণত করার (অবরোহণ) জন্য বিভিন্ন বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয়। কার্বনসংখ্যা বৃদ্ধি বা অধিরোহণের একটি প্রচলিত পদ্ধতিতে যৌগটিকে প্রথমে সমসংখ্যক কার্বন-পরমাণুযুক্ত অ্যালকিল হ্যালাইডে রূপান্তরিত করিয়া, পটাসিয়াম সায়ানাইডের সহিত বিক্রিয়ায় একটি অধিক কার্বন পরমাণুযুক্ত সায়ানাইড (নাইট্রাইল) যৌগে পরিণত করা হয়। পরে উৎপন্ন সায়ানাইড যৌগকে উপযুক্ত বিক্রিয়ার সাহায্যে উদ্দিষ্ট সমগণীয় সারির যৌগে পরিবর্তিত করিলে, প্রারম্ভিক যৌগের কার্বন পরমাণুসংখ্যা অপেক্ষা একটি অধিক কার্বন পরমাণুযুক্ত একই সমগণীয় সারির যৌগ পাওয়া যায়। অনেক সময় অধিরোহণের জন্য ভুর্ৎস বিক্রিয়ার সাহায্যও গ্রহণ করা হয়।

অবরোহণ বা কার্বনসংখ্যা হ্রাসের একটি প্রচলিত পদ্ধতিতে হফমান বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয়। প্রারম্ভিক যৌগটিকে প্রথমে উপযুক্ত বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যাসিড অ্যামাইডে পরিণত করিয়া ব্রোমিন ও কস্টিক পটাস দ্রবণ (10%) যোগ করিলে একটি কম কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যামিন পাওয়া যায়। অতঃপর উৎপন্ন অ্যামিনকে উদ্দিষ্ট সমগণীয় সারির যৌগে পরিবর্তিত করা হয়। অনেক সময় অবরোহণের জন্য ওজোনোলিসিস অথবা কার্বক্সিলিক মূলক বিচ্ছিন্নকরণ বিক্রিয়ার সাহায্যও গ্রহণ করা চলে। পূর্বে অধিরোহণ ও অবরোহণের কিছু কিছু উদাহরণ প্রদর্শিত হইয়াছে। এখানে অধিরোহণ ও অবরোহণের জন্য ব্যবহৃত অধিকতর প্রচলিত পদ্ধতিগুলির কয়েকটি একত্রে প্রদর্শিত হইল।

1. **অ্যালকেন সমগণীয় সারি ঃ**

মিথেন হইতে ইথেন ঃ $\underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow[\text{ভুর্ৎস বিক্রিয়া}]{Na} \underset{\text{ইথেন}}{C_2H_6}$

অথবা, $\underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow[\text{আংশিক জারণ}]{O_2} \underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH} \xrightarrow{P+I_2} \underset{\text{মিথাইল আয়োডাইড}}{CH_3I} \xrightarrow[\text{ভুর্ৎস বিক্রিয়া}]{Na} \underset{\text{ইথেন}}{C_2H_6}$

আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল হইতে নর্মাল-প্রোপাইল অ্যালকোহল ঃ

$$CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow[(CH_3CO)_2O_2 \text{ পারঅক্সাইড প্রভাব}]{HBr}$$

আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল; প্রোপিলিন

$$CH_3CH_2CH_2Br \xrightarrow{KOH \text{ দ্রবণ}} CH_3CH_2CH_2OH$$

নর্মাল-প্রোপাইল ব্রোমাইড; নর্মাল-প্রোপাইল অ্যালকোহল

[বিঃ দ্রঃ শেষোক্ত দুইটি রূপান্তর অবরোহণ বা অধিরোহণের উদাহরণ নহে। কিন্তু বিক্রয়াগুলির সহিত অবরোহণকালে ব্যবহৃত বিক্রিয়াগুলির সাদৃশ্য থাকায় এই রূপান্তর দুইটিকেও এখানে সন্নিবিষ্ট করা হইল।]

(4) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড সমগণীয় সারি ঃ

অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড ঃ

$$CH_3COOH \xrightarrow{PCl_5} CH_3COCl$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড; অ্যাসিটিল ক্লোরাইড

$$\xrightarrow[Na/Hg+\text{লঘু } HCl]{[H]} CH_3CHO \xrightarrow[Na/Hg+H_2O]{[H]} CH_3CH_2OH \xrightarrow{P+I_2}$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড; ইথানল

$$CH_3CH_2I \xrightarrow{KCN} CH_3CH_2CN \xrightarrow[\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}]{H_2O} CH_3COOH$$

ইথাইল আয়োডাইড; ইথাইল সায়ানাইড; অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$$\text{অথবা, } CH_3COOH \xrightarrow{Ca(OH)_2} (CH_3COO)_2Ca \xrightarrow[\text{শুষ্কপাতন}]{\text{উত্তাপ}} CH_3COCH_3 \xrightarrow[Na/Hg+H_2O]{[H]}$$

ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট; অ্যাসিটোন

$$CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow[(CH_3CO)_2O_2]{HBr} CH_3CH_2CH_2Br$$

আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল; প্রোপিলিন

$$\xrightarrow[\text{লঘু দ্রবণ}]{KOH} CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CH_2COOH$$

প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড

প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ঃ

$$CH_3CH_2COOH \xrightarrow{NH_3} CH_3CH_2COONH_4 \xrightarrow[\text{শুষ্ক পাতন}]{\text{উত্তাপ}} CH_3CH_2CONH_2$$

অ্যামোনিয়াম প্রোপিয়োনেট; প্রোপিয়োন্যামাইড

$$\xrightarrow{Br_2+KOH} CH_3CH_2NH_2 \xrightarrow{OHNO}$$

মিথাইল অ্যামিন

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$
ইথানল → অ্যাসিটিক অ্যাসিড

সার-সংক্ষেপ

এস্টার

অ্যালকোহল এবং অজৈব বা জৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জলের সহিত যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে এস্টার বলে। অজৈব অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন এস্টারকে অজৈব এস্টার (যেমন ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট) এবং জৈব অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন এস্টারকে জৈব এস্টার (যেমন ইথাইল অ্যাসিটেট) বলা হয়।

ইথাইল অ্যাসিটেট, ($CH_3COOC_2H_5$)

প্রস্তুতি : (1) পরীক্ষাগারে গাঢ় H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে গ্লেসিয়াল CH_3COOH এবং C_2H_5OH পাতিত করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3COOH + C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOC_2H_5 \quad [H_2O + H_2SO_4]$$

(2) $CH_3COOAg + C_2H_5I \xrightarrow{\Delta} CH_3COOC_2H_5 + AgI\downarrow$

(3) $CH_3COCl + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$

(4) $(CH_3CO)_2O + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$

(5) $2CH_3CHO \xrightarrow{Al(OC_2H_5)_3} CH_3COOC_2H_5$ (টিশেঙ্কো পদ্ধতি)

ধর্ম : মিষ্টগন্ধযুক্ত প্রশম তরল। জলে সামান্য কিন্তু জৈব দ্রাবকে খুব বেশি দ্রাব্য।

(1) অ্যামোনোলিসিস :

$$CH_3COOC_2H_5 + NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$$

(2) আর্দ্র বিশ্লেষণ :

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \xrightarrow{H^+ \text{ বা } OH^-} CH_3COOH + C_2H_5OH$$

(3) অ্যালকোহলিসিস :

$$CH_3COOC_2H_5 + CH_3OH \xrightarrow{R-ONa} CH_3COOCH_3 + C_2H_5OH$$

(4) অ্যাসিডোলিসিস :

$$CH_3COOC_2H_5 + C_2H_5COOH \xrightarrow{\Delta} C_2H_5COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

(5) বুভো ব্লাঁ বিজারণ :

$$CH_3COOC_2H_5 + 4[H] \xrightarrow[Na + C_2H_5OH]{} 2C_2H_5OH$$

(6) $CH_3COOC_2H_5 + PCl_5 \xrightarrow{\Delta} CH_3COCl + C_2H_5Cl + POCl_3$

(7) $CH_3COOC_2H_5 + CH_3MgI \rightarrow CH_3COCH_3 + C_2H_5OMgI$

$$CH_3COCH_3 + CH_3MgI \rightarrow (CH_3)_3C\text{-}OMgI \xrightarrow{H_2O} (CH_3)_3C\text{-}OH + MgIOH$$

ব্যবহার : দ্রাবক, সুগন্ধী ও ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট, ($C_2H_5 \cdot HSO_4$)

প্রস্তুতি : (1) লেবরেটরি পদ্ধতি :

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightarrow{100°C} C_2H_5 \cdot HSO_4 + H_2O$$

(2) $C_2H_5OH + SO_3 \xrightarrow{0°C} C_2H_5\text{-}HSO_4$

(3) $C_2H_4 + H_2SO_4$ (গাঢ়) $\rightarrow C_2H_5\text{-}HSO_4$

ধর্ম : বর্ণহীন, ভারী, জলে দ্রাব্য, তৈলাক্ত তরল। একই সঙ্গে এস্টার ও অ্যাসিডের ধর্ম প্রদর্শন করে।

(1) $C_2H_5HSO_4 + H_2O \xrightarrow{100°C} C_2H_5OH + H_2SO_4$

(2) $2C_2H_5HSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow 2C_2H_5NaSO_4 + H_2O + CO_2$

(3) $2C_2H_5 \cdot HSO_4 \xrightarrow[\text{নিম্নচাপ}]{\Delta} (C_2H_5)_2SO_4 + H_2SO_4$

(4) $C_2H_5HSO_4 \xrightarrow{165°C} C_2H_4 + H_2SO_4$

(5) $C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH \xrightarrow{140°C} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$

ব্যবহার : ইথাইল অ্যালকোহল পণোৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. এস্টার কাহাকে বলে? অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়া ও এস্টার উৎপত্তি বিক্রিয়ার মধ্যে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য কি? এস্টারের সমাবয়বতা সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

2. কি করিয়া পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়? ইথাইল অ্যাসিটেটের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি আলোচনা কর। স্যাপোনিফিকেশন বলিতে কি বুঝ?

3. কি করিয়া পরীক্ষাগারে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট প্রস্তুত ও বিশুদ্ধ করা হয়? কি করিয়া বৃহদাকারে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপাদন করা হয়? ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটের রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর।

4. (a) কি কি শর্তে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট হইতে নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত করা সম্ভব তাহা উপযুক্ত সমীকরণসহ বিবৃত কর:

(i) ইথিলিন, (ii) ডাইইথাইল ইথার, (iii) ডাইইথাইল সালফেট।

(b) কি কি শর্তে ইথাইল অ্যাসিটেট হইতে নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত করা সম্ভব তাহা উপযুক্ত সমীকরণ সহ বিবৃত কর:

(i) অ্যাসিট্যামাইড, (ii) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড, (iii) ইথাইল অ্যালকোহল।

5. টীকা লিখ:

(a) স্যাপোনিফিকেশন, (b) অ্যাসিডোলিসিস, (c) অ্যামিনোলিসিস, (d) বুভো ব্লাঁ বিজারণ, (e) এস্টার উৎপত্তি (esterification) বিক্রিয়া।

6. সমগণীয় সারিতে অবরোহণ ও অধিরোহণের কয়েকটি প্রচলিত পদ্ধতি সম্পর্কে উদাহরণসহ আলোচনা কর।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কারণ দেখাও:

(a) অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া ও এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়া প্রকৃতপক্ষে সদৃশ নহে কেন?

(b) এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়া সাধারণত অজৈব অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সম্পাদন করা হয় কেন?

(c) এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়াকালে নিরুদকের উপস্থিতি বাঞ্ছনীয় কেন?

(d) অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতকালে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয় কেন?

(e) এস্টারগুলির স্ফুটনাঙ্ক সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড অপেক্ষা কম কেন?

(f) উদ্ভিজ্জ তৈল বা চর্বিকে কস্টিক সোডা দ্রবণে ফুটাইয়া আর্দ্রবিশ্লেষিত করাকে স্যাপোনিফিকেশন বা সাবানীভবন বলা হয় কেন?

(g) পরীক্ষাগারে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট বিশুদ্ধীকরণের জন্য বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ ব্যবহার করা হয় কেন?

2. উপযুক্ত সমীকরণসহ বিবৃত কর কি ঘটে যখন:

(a) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যাবসলিউট অ্যালকোহলের মিশ্রণকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হয়। (b) ইথাইল আয়োডাইড ও সিলভার অ্যাসিটেটের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয়। (c) অ্যাসিট্যালডিহাইডকে অ্যালুমিনিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে নিষ্ক্রিয় জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায়

রাখিয়া দেওয়া হয়। (d) ইথাইল অ্যাসিটেটের সহিত অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণ বিক্রিয়া করে। (e) ইথাইল অ্যাসিটেটকে মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত মিশ্রিত করিয়া রিফ্লাক্স করা হয়। (f) ইথাইল অ্যাসিটেটকে সোডিয়াম ও নির্জল অ্যালকোহল মিশাইয়া রিফ্লাক্স করা হয়। (g) ইথাইল অ্যাসিটেটকে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড সহ উত্তপ্ত করা হয়। (h) ইথাইল অ্যাসিটেটে মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড যোগ করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করা হয়। (i) ইথাইল অ্যালকোহলকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া জলগাহে উত্তপ্ত করা হয়। (j) ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটে ইথাইল অ্যালকোহল যোগ করিয়া 140°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করা হয়। (k) ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে 165°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

3. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে উৎপন্ন মুখ্য জৈব পদার্থগুলির (A, B, C ইত্যাদি) নাম ও সঙ্কেত লিখ:

(a) $C_2H_5I + CH_3COOAg \xrightarrow{\Delta} [A] \xrightarrow{NH_3\text{-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ}} [B]$

(b) $CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4\text{ (গাঢ়)}} [A] \xrightarrow[\Delta]{Na+\text{অ্যালকোহল}} [B]$

(c) $[A] \xrightarrow[\Delta]{PCl_5} CH_3COCl + C_2H_5Cl$

(d) $[A] \xrightarrow[\Delta]{CH_3OH} CH_3COOCH_3 + C_2H_5OH$

(e) $CH_3COOC_2H_5 \xrightarrow[\text{ইথার}]{CH_3MgI} [A] \xrightarrow{H_2O} [B]$

4. কি করিয়া প্রস্তুত করিবে?

(a) ইথাইল অ্যাসিটেট হইতে অ্যাসিট্যামাইড। (b) ইথিলিন হইতে ডাই-ইথাইল ইথার। (c) অ্যাসিট্যালডিহাইড হইতে ইথাইল অ্যাসিটেট। (d) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড হইতে ইথাইল অ্যাসিটেট।

১২

অ্যারোমেটিক বা সুরভিকেন্দ্রিক যৌগ

AROMATIC

[Syllabus : Chemistry of aromatic compounds

(a) Coal tar distillation and isolation of benzene, toluene and phenol.

(b) Benzene and its following reactions – chlorination, nitration, sulphonation, Friedel Craft's reaction.

(c) Toluene—its chlorination (hydrolysis of chlorinated products included) and its side chain oxidation. Mention of ortho, meta and para positions.

(d) Nitrobenzene, Aniline and their reactions including diazo reaction.

(e) Phenol—reactions and uses.]

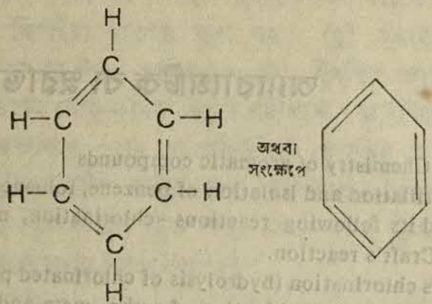
12.1 সূচনা

প্রাচীনকালে রসায়নবিদ্‌রা ভৌত ধর্মের ভিত্তিতে অনেক রাসায়নিক যৌগের নামকরণ করিয়াছিলেন। কতগুলি জৈব যৌগকে বৈশিষ্ট্যসূচক সুগন্ধের জন্য তাঁহারা অ্যারোমেটিক (aroma = সুগন্ধ) যৌগ নাম দিয়াছিলেন। তাঁহারা ইহাও লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, এই জাতীয় জৈব যৌগগুলির প্রকৃতি ও ধর্ম তখনকার পরিচিত অ্যালিফেটিক যৌগগুলি হইতে অনেকাংশে স্বতন্ত্র। পরবর্তীকালে রসায়ন-বিদ্যার বিকাশের ফলে দেখা যায় যে অ্যারোমেটিক যৌগগুলির মধ্যে কার্বনের অনুপাত অ্যালিফেটিক যৌগগুলির তুলনায় অনেক বেশি এবং উহাদের গঠন বৃত্তাকার বা বদ্ধশৃঙ্খল। বিভিন্ন বিকারকের প্রভাবে উহারা বেঞ্জিন অথবা বেঞ্জিন সঞ্জাত যৌগে পরিণত হয়। বেঞ্জিনের আণবিক সঙ্কেত C_6H_6 এবং উহার গঠনের মধ্যে এক একটি কার্বন পরমাণু একটি সুষম ষড়ভুজের এক একটি শীর্ষবিন্দুতে অবস্থিত। প্রত্যেক কার্বন পরমাণু একটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত এবং পার্শ্ববর্তী অপর দুইটি কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত। যেহেতু কার্বনের যোজ্যতা চার সেইজন্য বিজ্ঞানী কেকুলে এই মত ব্যক্ত করেন যে প্রত্যেক কার্বন পরমাণু একপার্শ্বে একটি কার্বন পরমাণুর সহিত একবন্ধনের সাহায্যে এবং অপর

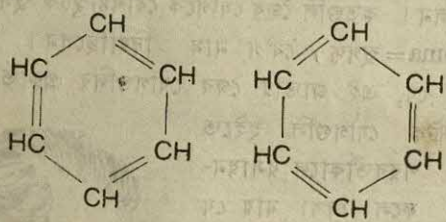


চিত্র 12.1 কেকুলে

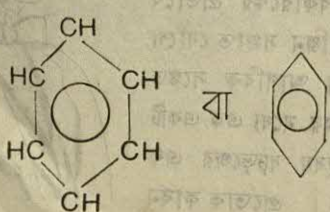
পার্শ্বে অন্য এক কার্বন পরমাণুর সহিত দ্বিবন্ধনের সাহায্যে আবদ্ধ। অর্থাৎ কেকুলের মতানুযায়ী বেঞ্জিনের গঠন সঙ্কেত নিম্নরূপ :



কিন্তু বেঞ্জিনে উপস্থিত দ্বিবন্ধন অ্যালিফেটিক দ্বিবন্ধনযুক্ত যৌগগুলির সব ধর্ম (যেমন ব্রোমিন বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করা ইত্যাদি) প্রদর্শন করে না। তাই কেকুলে অনুমান করেন যে বেঞ্জিনে কার্বন পরমাণুগুলির মধ্যে উপস্থিত একবন্ধন ও দ্বিবন্ধনগুলি স্থান পরিবর্তন করে এবং বেঞ্জিনে নিম্নলিখিত দুইটি গঠনের অণু সাম্যাবস্থায় থাকে ;

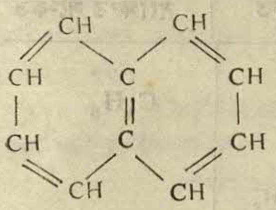


আধুনিক মত অনুযায়ী বেঞ্জিন উপরি-উক্ত দুইটি গঠনের এক অনুনাদী সঙ্কর এবং বেঞ্জিন অণুর গঠনকে কেকুলে নির্দেশিত গঠনের পরিবর্তে ছয়টি কার্বন পরমাণু দ্বারা গঠিত একটি সুষম চতুর্ভুজের মধ্যে বৃত্তাকার চিহ্ন দিয়া সূচিত করা হয় ;

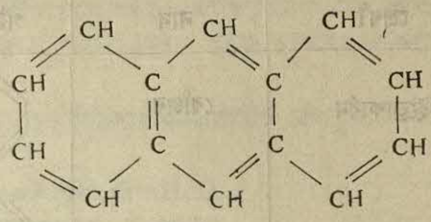


বেঞ্জিন বলয়ে উপস্থিত এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু (—OH), (—CHO), (—COOH) ইত্যাদি মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে অ্যারোমেটিক যৌগের বিভিন্ন শ্রেণী যেমন, ফেনল, অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড, অ্যারোমেটিক অ্যাসিড ইত্যাদি উৎপন্ন হয়।

আবার একাধিক বেঞ্জিন বলয় ঘনীভূত হইয়াও অ্যারোমেটিক যৌগ সৃষ্টি করিতে পারে। যেমন,



ন্যাফথালিন



অ্যানথ্রাসিন

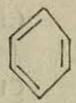
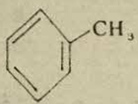
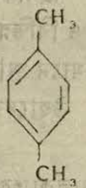
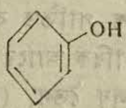
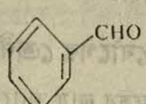
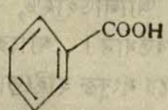
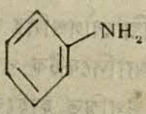
এগুলিও একাধিক গঠনের অনুনাদী সঙ্কর এবং বেঞ্জিনের ন্যায় ইহাদের বলয়ে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুকেও বিভিন্ন মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে বিভিন্ন শ্রেণীর যৌগ পাওয়া যায়। বর্তমানে আমরা অসংখ্য অ্যারোমেটিক যৌগের সহিত পরিচিত এবং দেখা গিয়াছে যে, উহাদের মধ্যে অনেকগুলি গন্ধহীন এমনকি দুর্গন্ধ-যুক্ত যৌগও আছে।

অ্যারোমেটিক যৌগগুলি আলকাতরার আংশিক পাতন করিয়া উৎপাদন করা হয়। আলকাতরাকে অংশ পাতিত করিলে বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন অংশ পাওয়া যায়। প্রত্যেকটি অংশ একাধিক অ্যারোমেটিক যৌগের মিশ্রণ। এইরূপ কয়েকটি পাতিত অংশ হইল—(1) লঘু তৈল, (2) মধ্যম তৈল, (3) ভারী তৈল, (4) অ্যান্থ্রাসিন্ তৈল। লঘু তৈলে প্রধানত বেঞ্জিন এবং উহার জাতক হাইড্রোকার্বন বর্তমান থাকে। মধ্যম তৈলে প্রধানত ফেনল এবং ন্যাপথালিন উপস্থিত থাকে। ভারী তৈলে থাকে বিভিন্ন ক্রিসল এবং অ্যান্থ্রাসিন্ তৈলে প্রধানত অ্যান্থ্রাসিন্ থাকে। প্রত্যেকটি অংশকে পুনরায় পাতিত করিয়া উপাদান যৌগগুলিকে পৃথক করা হয়। আলকাতরার আংশিক পাতনের পর পাতন পাত্রে অবশিষ্ট কালো কঠিন পদার্থ পিচ নামে পরিচিত।

12.2 অ্যারোমেটিক যৌগের শ্রেণীবিভাগ

অ্যালিফেটিক যৌগসমূহের ন্যায় অ্যারোমেটিক যৌগগুলির মধ্যেও হাইড্রোকার্বন, হাইড্রক্সিযৌগ, ইথার, অ্যালডিহাইড, কিটোন, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, অ্যামিন ইত্যাদি সমগণীয় শ্রেণী বর্তমান। অ্যারোমেটিক হাইড্রক্সি যৌগগুলির মধ্যে যে সব যৌগ অ্যারোমেটিক বলয়ে সংযুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন হইয়াছে তাহাদের 'ফেনল' (Phenol) নামক একটি সমগণীয় শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত করা হয়। কারণ এইরূপ হাইড্রক্সি যৌগগুলির ধর্ম অ্যালিফেটিক অ্যালকোহলের ধর্ম হইতে বহুলাংশে পৃথক। কিন্তু অ্যালিফেটিক পার্শ্বশৃঙ্খলযুক্ত অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনে অ্যালিফেটিক পার্শ্বশৃঙ্খলে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণু হাইড্রক্সিল পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে যৌগ শ্রেণী পাওয়া যায় তাহাকে অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল

শ্রেণী নামেই অভিহিত করা হয়। নিম্নে কয়েকটি অ্যারোমেটিক যৌগের নাম ও গঠন সঙ্কেত দেওয়া হইল।

শ্রেণী	নাম	গঠন সঙ্কেত	সংক্ষিপ্ত সঙ্কেত
হাইড্রোকার্বন	বেঞ্জিন		C_6H_6
	টলুইন		$C_6H_5-CH_3$
	p-জাইলিন		$p\text{-}(CH_3)_2C_6H_4$
ফেনল	সাধারণ ফেনল বা কার্বলিক অ্যাসিড		C_6H_5OH
	p-ক্রিসল		$CH_3C_6H_4OH$
অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড	বেঞ্জ্যালডিহাইড		C_6H_5CHO
অ্যারোমেটিক কার্বক্সিলিক অ্যাসিড	বেনজোয়িক অ্যাসিড		C_6H_5COOH
অ্যারোমেটিক অ্যামিন	অ্যানিলিন		$C_6H_5NH_2$

12.3 অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্ট্য

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে অ্যারোমেটিক যৌগে কার্বনের পরিমাণ অ্যালিফেটিক যৌগ অপেক্ষা অনেক বেশি। এতদ্ব্যতীত অ্যারোমেটিক যৌগগুলির আরো এমন কতগুলি বৈশিষ্ট আছে যাহা অ্যালিফেটিক যৌগের ক্ষেত্রে সাধারণত দেখিতে পাওয়া যায় না। যেমন,

(1) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যারোমেটিক যৌগগুলি সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ;

$$ArH + H_2SO_4 \rightarrow ArSO_3H + H_2O$$

$$[Ar = \text{অ্যারিল মূলক } (-C_6H_5)]$$

(2) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন এবং উহাদের সঞ্জাত যৌগগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া সংশ্লিষ্ট নাইট্রো যৌগ গঠন করে ;

$$ArH + HNO_3 \rightarrow ArNO_2 + H_2O$$

উৎপন্ন নাইট্রোযৌগকে বিজারিত করিলে অ্যারোমেটিক অ্যামিন পাওয়া যায় ;

$$Ar\ NO_2 + 6[H] \rightarrow ArNH_2 + 2H_2O$$

(3) অনুঘটকের উপস্থিতি এবং অন্যান্য অবস্থার উপর নির্ভর করিয়া ক্লোরিন অ্যারোমেটিক যৌগের সহিত বিক্রিয়ায় ক্ষেত্রবিশেষে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া এবং ক্ষেত্রবিশেষে যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে।

(4) অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলয়ের হাইড্রোজেন হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে ফেনল শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন হয়, সেগুলি অ্যাসিডধর্মী ; অ্যালিফেটিক যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণু হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে অ্যালকোহল শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন হয়, সেগুলির মত শমিত যৌগ নহে।

(5) অ্যারোমেটিক বলয়ে সংযুক্ত পার্শ্বশৃঙ্খল সহজেই সম্পূর্ণ জারিত হইয়া কার্বক্সিলিক মূলকে পরিণত হয়, কিন্তু অ্যালিফেটিক যৌগগুলির ক্ষেত্রে অনুরূপ জারণ অত্যন্ত কষ্টসাধ্য।

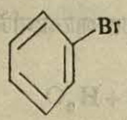
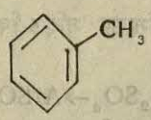
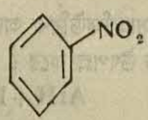
(6) বেঞ্জিনের মনোহ্যালোজেন জাতকগুলি অ্যালকিল হ্যালাইডের তুলনায় অনেক বেশি সুস্থিত অর্থাৎ কম সক্রিয়। যে সকল বিকারক অ্যালকিল হ্যালাইডের সহিত বিক্রিয়া করে, তাহাদের অধিকাংশই বেঞ্জিনের সংশ্লিষ্ট মনোহ্যালোজেন জাতকগুলির সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে না।

(7) সকল অ্যারোমেটিক যৌগ অণুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু নির্মিত বলয় দেখিতে পাওয়া যায় যাহা অধিকাংশ রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই নিজের বলয় গঠন অক্ষুণ্ণ রাখে। অবশ্য অত্যন্ত তীব্র বিকারক এই বলয়কে ভাঙ্গিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড, অক্সালিক অ্যাসিড ইত্যাদি সরল যৌগে পরিণত করিতে পারে এবং সেক্ষেত্রে অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্ট্যসূচক ধর্ম অন্তর্হিত হয়।

(8) অ্যারোমেটিক যৌগগুলির মধ্যে অ্যালিফেটিক যৌগগুলির অনুরূপ সমাবয়বতা ব্যতীতও বলয়ে প্রতিস্থাপক মূলকগুলির ভিন্ন ভিন্ন আপেক্ষিক অবস্থানের জন্য এক বিশেষ ধরনের অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা দেখিতে পাওয়া যায়।

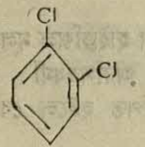
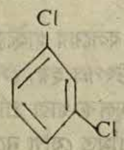
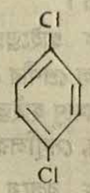
12.4 বেঞ্জিন জাতকের অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা, অর্থো, মেটা ও প্যারা অবস্থান (Position isomerism of benzene derivatives)

বেঞ্জিন বলয়ে উপস্থিত ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য। সেজন্য উহাদের যে কোন একটিকে একটি একযোজী পরমাণু বা মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অভিন্ন গঠনের C_6H_5X সঙ্কেতের যৌগ পাওয়া যায়। যেমন—

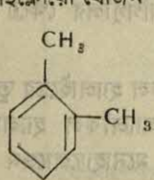
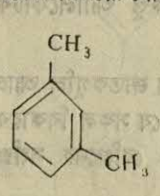




ব্রোমোবেঞ্জিন মিথাইলবেঞ্জিন বা টলুইন নাইট্রোবেঞ্জিন ইত্যাদি

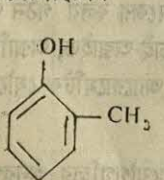
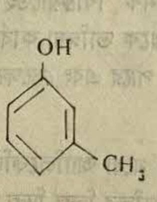
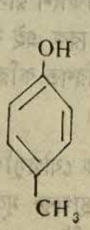
কিন্তু বেঞ্জিন বলয়ে অবস্থিত দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুইটি একইরূপ অথবা বিভিন্নরূপ পরমাণু বা মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে উহাদের আপেক্ষিক অবস্থানে বিভিন্নতার জন্য তিন প্রকার অবস্থান সমাবয়বী (Position isomer) উৎপন্ন হয়। প্রতিস্থাপক দুইটি যদি দুইটি পাশাপাশি অবস্থিত কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকে, তাহা হইলে উহাকে অর্থো (ortho) বা সংক্ষেপে *o*-সমাবয়বী ; দুইটি একান্তর কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকিলে মেটা (meta) বা সংক্ষেপে *m*—সমাবয়বী এবং দুইটি বিপরীত কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকিলে প্যারা (para) বা সংক্ষেপে *p*—সমাবয়বী বলা হয়। যেমন,

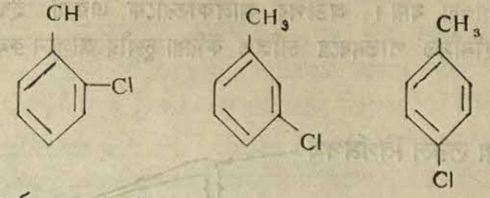
অর্থোডাইক্লোরো বেঞ্জিন মেটাডাইক্লোরো বেঞ্জিন প্যারা ডাইক্লোরো বেঞ্জিন


অর্থোজাইলিন মেটাজাইলিন প্যারা জাইলিন

অর্থোক্রিসল মেটাক্রিসল প্যারাক্রিসল



অর্থোক্লোরো টলুইন   মেটা ক্লোরো টলুইন   প্যারা ক্লোরো টলুইন

12.5 আলকাতরার পাতন (Distillation of coal tar)

কোল গ্যাস শিল্পোৎপাদনে উচ্চ তাপমাত্রা অঙ্গারীকরণ (High temperature carbonisation) পদ্ধতি ব্যবহৃত হইলে উপজাত আলকাতরায় প্রচুর পরিমাণ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন উপস্থিত থাকে (প্রথম খণ্ডে কোলগ্যাস শিল্পোৎপাদন দ্রষ্টব্য) এবং ঐ আলকাতরা হইতে বেঞ্জিন, টলুইন, ফেনল ইত্যাদি বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ অ্যারোমেটিক যৌগ নিষ্কাশিত করা যায়।

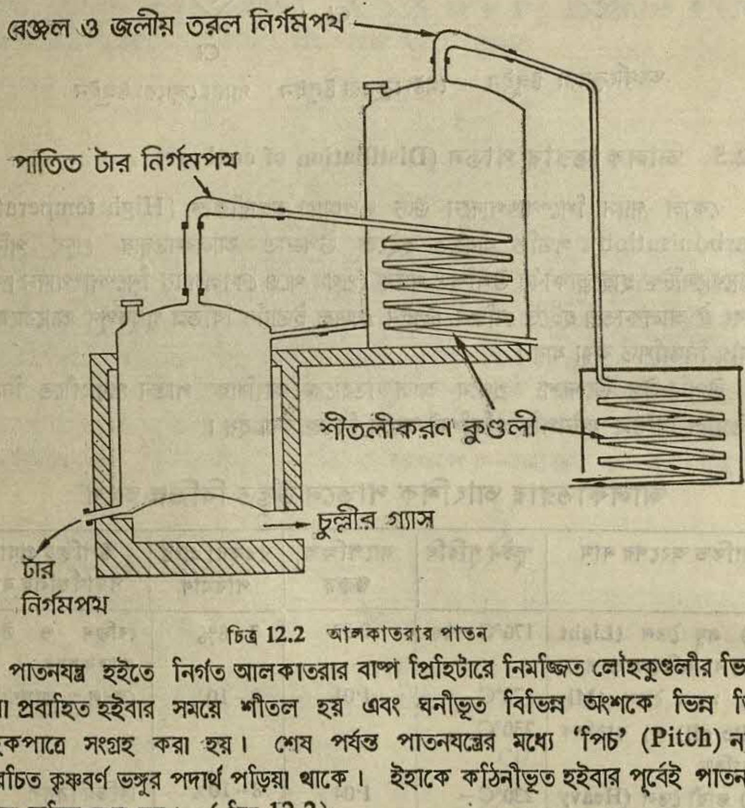
উপরি-উক্ত উদ্দেশ্যে প্রথমে আলকাতরাকে আংশিক পাতন প্রণালীতে নিম্নোক্ত কতগুলি বিভিন্ন স্ফুটনপরিধি বিশিষ্ট অংশে বিভক্ত করা হয়।

আলকাতরার আংশিক পাতনে উদ্ভূত বিভিন্ন অংশ

পাতিত অংশের নাম	স্ফুটন পরিধি	আপেক্ষিক গুরুত্ব	শতকরা প্রাপ্ত পরিমাণ	উপস্থিত প্রধান পদার্থগুলির নাম
(1) লঘু তৈল (Light oil) বা অবিশুদ্ধ ন্যাপথা	170°C পর্যন্ত	0·92	7 – 8%	বেঞ্জিন ও উহার জাতকসমূহ
(2) মধ্যম তৈল (Middle oil) বা কার্বলিক অ্যাসিড	170°C – 230°C	1·01	8 – 10%	ফেনল ও ন্যাফথ্যালিন
(3) ভারী তৈল (Heavy oil) বা ক্রিয়োজোট তৈল	230°C – 270°C	1·04	8 – 10%	বিভিন্ন ক্রিসল
(4) অ্যানথ্রাসিন তৈল বা সবুজ (green) তৈল	270°C – 360°C	1·10	16 – 20%	অ্যানথ্রাসিন, কার্বাজোল ও ফিন্যানথ্রিন
(5) পিচ	পাতনযন্ত্রে অবশেষ	—	50 – 60%	কার্বন

উপরি-উক্ত পদার্থগুলি ব্যতীত আলকাতরার মধ্যে অল্প পরিমাণ জলও উপস্থিত থাকে। আংশিক পাতনের একটি প্রচলিত পদ্ধতিতে পাতনযন্ত্রে প্রবেশের পূর্বে আলকাতরাকে একটি প্রিহিটারে (Preheater) পাতনকালে নির্গত বাষ্পের উত্তাপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র করিয়া লওয়া হয়। প্রিহিটারে উত্তপ্ত হইবার ফলে আলকাতরা হইতে জলীয় অংশ সমেত বেঞ্জিন ইত্যাদি উদ্বায়ী অংশও আংশিকভাবে বাষ্পীভূত হয় এবং ঐ বাষ্পকে ঘনীভূত করিলে ফার্স্ট রানিং (First running) অংশ (স্ফুটন পরিধি

110°C-এর কম) পাওয়া যায়। অতঃপর আলকাতরাকে একটি ইষ্টক নির্মিত প্রকোষ্ঠে রক্ষিত লৌহনির্মিত পাতনযন্ত্রে চালিত করিয়া চুল্লীর আগুনে ক্রমশ অধিকতর উত্তপ্ত করা হয়।



চিত্র 12.2 আলকাতরার পাতন

পাতনযন্ত্র হইতে নির্গত আলকাতরার বাষ্প প্রিহিটারে নিমজ্জিত লৌহকুণ্ডলীর ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময়ে শীতল হয় এবং ঘনীভূত বিভিন্ন অংশকে ভিন্ন ভিন্ন গ্রাহকপাত্রে সংগ্রহ করা হয়। শেষ পর্যন্ত পাতনযন্ত্রের মধ্যে 'পিচ' (Pitch) নামে পরিচিত কৃষ্ণবর্ণ ভঙ্গুর পদার্থ পড়িয়া থাকে। ইহাকে কঠিনীভূত হইবার পূর্বেই পাতনযন্ত্র হইতে বাহির করা হয়। (চিত্র 12.2)

পিচের মধ্যে 90-92% কার্বন থাকে এবং উহাকে রাস্তা নির্মাণে, বাড়ির ছাদ জলনিরোধী করিতে, কয়লাগুঁড়া একত্রিত করিয়া গুল বা Briquette-এ পরিণত করিতে, ন্যাপথায় দ্রবীভূত করিয়া পেন্ট হিসাবে ইত্যাদি বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করা হয়।

তালিকায় প্রদত্ত চতুর্থ অর্থাৎ অ্যানথ্রাসিন অয়েল বা গ্রীন অয়েল অংশকে শীতল করিলে অ্যানথ্রাসিন অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহাকে ফিলটার করিয়া পৃথক করা হয়। অ্যানথ্রাসিন হইতে বিভিন্ন প্রকার রঞ্জকপদার্থ প্রস্তুত করা যায়।

তালিকায় প্রদত্ত তৃতীয় অর্থাৎ 'হেভী বা ক্রিয়োজোট অয়েল' অংশকে সরাসরি কাষ্ঠ সংরক্ষণে ব্যবহার করা যায়। ধাতুবিদ্যায় ফেনভাসন পদ্ধতিতে এবং ডিজেল ইঞ্জিনের জ্বালানি হিসাবেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

তালিকাপ্রদত্ত দ্বিতীয় ও প্রথম অংশ অধিকতর মূল্যবান। তালিকার দ্বিতীয় অর্থাৎ মিডিল বা কার্বালিক অ্যাসিড অংশের মধ্যে ন্যাফ্থালিন, কার্বালিক অ্যাসিড বা সাধারণ

ফেনল এবং অন্যান্য ফেনল থাকে। শীতল করিলে এই অংশ হইতে ন্যাফথালিন অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সহজেই উহাকে ছাঁকিয়া ও চাপ দিয়া তরল অংশ হইতে পৃথক করা যায়। তরল অংশে কার্বলিক অ্যাসিড ও অন্যান্য ফেনল থাকে। ইহাতে 10% কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে ফেনলগুলি সোডিয়াম ফিনেটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম ফিনেটের জলীয় দ্রবণকে অন্যান্য অশুদ্ধি হইতে পৃথক করিয়া অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে অ্যাসিডীয় করিলে, ফেনলগুলি পুনরায় মুক্তিপ্রাপ্ত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিবার পরিবর্তে একটি পাথরকুচি পূর্ণ স্তম্ভে সোডিয়াম ফিনেট দ্রবণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলেও ফেনলগুলি মুক্তিপ্রাপ্ত হয়। পরিশেষে ঐ মিশ্রণকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করিলে 180°-182°C তাপমাত্রায় পাতিত অংশে প্রায় বিশুদ্ধ সাধারণ ফেনল বা কার্বলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। শীতল করিলে এই পাতিত অংশ 42°C তাপমাত্রায় কঠিনীভূত হইয়া বর্ণহীন কেলাসে পরিণত হয়।

আলকাতরার আংশিক পাতনে উদ্ভূত লঘু তৈল নামে পরিচিত প্রথম অংশ জল হইতে হাল্‌কা (আ. গু. 0·92) বাদামী হলুদবর্ণ তরল। ইহার মধ্যে প্রধানত বেঞ্জিন টলুইন ইত্যাদি প্রশম তরল এবং অল্প পরিমাণ ফেনলের মত অ্যাসিডীয় যৌগ, পিরিডিন বা অ্যানিলিনের মত ক্ষারকীয় যৌগ, থায়োফিন, জল ইত্যাদি থাকে। লঘু তৈলকে পুনঃপাতিত করিয়া 70°-C-এর নিম্ন তাপমাত্রায় পাতিত অংশকে দূরীভূত করা হয়। অতঃপর প্রায় 65% বেঞ্জিনযুক্ত অবশিষ্ট অংশে 15-30% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তমরূপে আলোড়িত করিলে অ্যানিলিন, পিরিডিন এবং থায়োফিনের অধিকাংশ দ্রবীভূত হইয়া যায়। অতঃপর নিম্নতর অ্যাসিড স্তরকে পৃথক করিয়া উপরের অংশে 7-10% কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে, কার্বলিক অ্যাসিড এবং কিছু সালফিউরিক অ্যাসিড থাকিয়া গেলে সেই সালফিউরিক অ্যাসিড দূরীভূত হয়। পরিশেষে উহাকে পুনঃপুনঃ জল দ্বারা ধৌত করিবার পর, দীর্ঘ পাতনস্তম্ভযুক্ত এবং স্টীমদ্বারা উত্তপ্ত আয়রন পাত্রে পাতিত করিলে তাপমাত্রার ক্রম অনুযায়ী নিম্নলিখিত তিনটি প্রধান অংশ পাওয়া যায় :

(i) 90-এর (90's) বেঞ্জল
(ii) 50-এর (50's) বেঞ্জল
(iii) দ্রাবক ন্যাপথা

90-এর বেঞ্জল বা 90's বেঞ্জলের অর্থ এই যে, যদি এই তরলের 100 c. c. লইয়া পাতন করা হয়, তাহা হইলে 100° সেন্টিগ্রেডের নিম্নে 90 c.c. পাতিত তরল পাওয়া যাইবে, যদিও তাহার মধ্যে বাস্তবে থাকিবে 84% বেঞ্জিন, 13% টলুইন এবং 3% জাইলিন। অনুরূপভাবে 50-এর বেঞ্জল বা 50's বেঞ্জলের মধ্যে প্রায় 46% বেঞ্জিন থাকে।

পরিশুদ্ধ বেঞ্জিন পাইবার জন্য 90-এর বেঞ্জল ও 50-এর বেঞ্জলকে পুনরায় আংশিক পাতন করিলে 80°-82° সেন্টিগ্রেডের মধ্যে যে অংশ সংগৃহীত হয়, তাহা সামান্য টলুইনযুক্ত যথেষ্ট পরিশুদ্ধ বেঞ্জিন। এই অংশকে হিমমিশ্রণে শীতল করিলে, বেঞ্জিন 5·4° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় কঠিনীভূত হইয়া তরল অশুদ্ধি অংশ হইতে পৃথক হয়।

পৃথকীকৃত বেঞ্জিনকে পুনরায় পাতিত করিলে 80°-81° সেন্টিগ্রেড স্ফুটনাঙ্ক-বিশিষ্ট প্রায় বিশুদ্ধ (ইহার মধ্যে যৎসামান্য 84° সেন্টিগ্রেড স্ফুটনাঙ্কের থায়োফিন C_4H_4S অশুদ্ধি হিসাবে থাকে) বেঞ্জিন পাওয়া যায়।

এই বেঞ্জিনকে থায়োফিনমুক্ত সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ করিতে হইলে মারকিউরিক অ্যাসিটেট মিশাইয়া ফুটাইতে হয় অথবা পর্যায়ক্রমে শীতল ও উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিষিক্ত করিবার পর পুনঃপাতিত করিতে হয় (থায়োফিন বেঞ্জিন অপেক্ষা অধিকতর সহজে সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে)।

বেঞ্জিন, C_6H_6

12.6 বেঞ্জিনের প্রস্তুতি

(a) লাইট অয়েল বা লঘু তৈল হইতে : অবিশুদ্ধ লাইট অয়েলকে অংশপাতন করিলে 70°C উষ্ণতায় প্রাপ্ত অংশে 65% বেঞ্জিন থাকে। ইহাকে ঘন H_2SO_4 দ্বারা ধৌত করিয়া ক্ষার জাতীয় অশুদ্ধিগুলি যথা, অ্যানিলিন, পিরিডিন এবং থায়োফিন দূরীভূত করা হয়। অতঃপর NaOH দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিলে অ্যাসিড জাতীয় অশুদ্ধি যথা অবিকৃত H_2SO_4 এবং উপস্থিত ফেনল দূরীভূত হয়। এই ভাবে ধৌত লাইট অয়েলকে পুনরায় অংশ পাতিত করিলে 80°-100°C তাপমাত্রায় 90% বেঞ্জল পাওয়া যায়। বেঞ্জিনের বাণিজ্যিক নাম বেঞ্জল।

প্রথম অংশকে পুনরায় পাতিত করিয়া 80°-85°C উষ্ণতায় প্রাপ্ত অংশকে হিম মিশ্রণে শীতল করিলে 5·4°C উষ্ণতায় কঠিন বেঞ্জিন পাওয়া যায়। সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্রের সাহায্যে ইহাকে পৃথক করিয়া পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধ বেঞ্জিন পাওয়া যায়।

(b) 600°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত কপার অথবা আয়রন নলের মধ্য দিয়া অ্যাসিটিলিন পরিচালিত করিলে বেঞ্জিন পাওয়া যায়। $3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$

(c) লিবিক্ শীতক যুক্ত একটি রিটোর্টে অনার্দ্র সোডিয়াম বেঞ্জোয়েটকে সোডালাইম দ্বারা উত্তপ্ত অথবা পাতিত করিলে বেঞ্জিন উৎপন্ন হইয়া গ্রাহক পাত্রে জমা হয়। এই পদ্ধতিকে রসায়নাগারে ব্যবহার করা যাইতে পারে

$$C_6H_5COONa + NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + C_6H_6$$

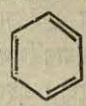
(d) ফেনলকে দস্তার সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত অথবা পাতিত করিলে বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। $C_6H_5OH + Zn \rightarrow C_6H_6 + ZnO$

12.7 বেঞ্জিনের ধর্ম

ভৌতধর্ম : ইহা জলের চেয়ে লঘু, বর্ণহীন এবং বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 80·4°C হিমাংক 5·4°C। ইহা জলে অদ্রাব্য হইলেও ইথার, পেট্রোল এবং ইথাইল অ্যালকোহলে দ্রবণীয়। ইহা একটি উত্তম দ্রাবক। চর্বি, রেজিন, গন্ধক ফস-ফরাস ও আয়োডিনকে দ্রবীভূত করিতে পারে।

রাসায়নিক ধর্ম

জার্মান বিজ্ঞানী কেকুলে (Kekule) বেঞ্জিনের গঠন সঙ্কেত নির্ণয় করেন। তাঁহার মতে বেঞ্জিনের একটি অণুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু একটি সুষম ষড়ভুজের ছয়টি

কোণে অবস্থান করে এবং প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণু একটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত। প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণু আবার পর্যায়ক্রমে একবন্ধ এবং দ্বিবন্ধ দ্বারা পরস্পরের সহিত যুক্ত থাকে। বেঞ্জিনের গঠন সঙ্কেত 

বেঞ্জিনের অণুতে দ্বিবন্ধ বর্তমান থাকিলেও ইহা একটি সুস্থিত যৌগ। বেঞ্জিন বলয়কে ভাঙা শক্ত হইলেও বেঞ্জিন অণুর হাইড্রোজেন পরমাণুকে বিভিন্ন যৌগমূলক অথবা মৌল দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া বিভিন্ন প্রকার যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব।

বেঞ্জিন অণুতে দ্বিবন্ধ থাকার জন্য ইহা ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যুতযৌগ গঠন করিতে সক্ষম। ইহা ওজোনের সহিত ট্রাই ওজোনাইড গঠন করে। ইহাকে সহজে জারিত করা যায় না, ইহা হ্যালোজেন অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদির সঙ্গে যুতযৌগ গঠন করে না।

(a) **হ্যালোজিনেশন** (Halogenation) : হ্যালোজেন বাহক যথা আয়োডিন বা আয়রনের উপস্থিতিতে বেঞ্জিন ক্লোরিন, ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরো বা ব্রোমো বেঞ্জিন গঠন করে

$$C_6H_6 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5Cl \xrightarrow{Cl_2} C_6H_4Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_3Cl_3 \quad \text{ইত্যাদি}$$

$$C_6H_6 \xrightarrow{Br_2} C_6H_5Br \xrightarrow{Br_2} C_6H_4Br_2 \quad \text{ইত্যাদি}$$

HNO_3 অথবা HIO_3-এর উপস্থিতিতে বেঞ্জিন আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া আয়োডো বেঞ্জিন উৎপন্ন করে $C_6H_6 + I_2 \rightarrow C_6H_5I + HI$

(b) **যুতযৌগ গঠন** : সূর্যালোকের উপস্থিতিতে 50°-60°C উষ্ণতায় ক্লোরিন ও ব্রোমিন বেঞ্জিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ডাই, টেট্রা ও হেক্সা ক্লোরো বেঞ্জিন অথবা হেক্সা ব্রোমো বেঞ্জিন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow C_6H_6Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_6Cl_4 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_6Cl_6$$

$$C_6H_6 + Br_2 \rightarrow C_6H_6Br_2 \xrightarrow{Br_2} C_6H_6Br_4 \xrightarrow{Br_6} C_6H_6Br_6$$

(c) **নাইট্রেশন** (Nitration) : গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বেঞ্জিন নাইট্রো-বেঞ্জিন গঠন করে। সালফিউরিক অ্যাসিডের ভূমিকা হইল বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জলকে শোষণ করা।

ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড মেটা ডাইনাইট্রো-বেঞ্জিন $C_6H_4(NO_2)_2$ উৎপন্ন করে।

$$C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$$
$$C_6H_5NO_2 + HNO_3 \rightarrow m\text{-}C_6H_4(NO_2)_2 + H_2O$$

(d) বেঞ্জিন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিলে বেঞ্জিন ডাইসালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + HOSO_3H \rightarrow C_6H_5SO_3H + H_2O$$
$$C_6H_5SO_3H + HOSO_3H \rightarrow C_6H_4(SO_3H)_2 \cdot (\text{o ও p}) + H_2O$$

(e) **ফ্রিডেল ক্রাফ্টের বিক্রিয়া :** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকিল হ্যালাইড যথা মিথাইল ক্লোরাইড বেঞ্জিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বেঞ্জিনের উচ্চতর সমগণীয় হাইড্রোকার্বন মিথাইল বেঞ্জিন বা টলুইন উৎপন্ন করে। বেঞ্জিনের হাইড্রোজেন পরমাণু মিথাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়াকে **ফ্রিডেল ক্রাফ্ট বিক্রিয়া** বলে। এইভাবে বেঞ্জিনের উচ্চতর সমগণীয় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করাও সম্ভব।

$$C_6H_6 + CH_3Cl \rightarrow C_6H_5CH_3 + HCl$$
$$C_6H_6 + C_2H_5Cl \rightarrow C_6H_5C_2H_5 + HCl$$
$$C_6H_5CH_3 + C_2H_5Cl \rightarrow CH_3\text{-}C_6H_4\text{-}C_2H_5 + HCl$$

অ্যালকিল হ্যালাইডের পরিবর্তে অ্যালকিন (যেমন C_2H_4) অ্যালকোহল (যেমন CH_3OH) ব্যবহার করিলেও বেঞ্জিনের উচ্চতর সমগণীয় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + C_2H_4 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5C_2H_5$$
$$C_6H_6 + CH_3OH \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3$$

অ্যাসিড ক্লোরাইড ঐ বিক্রিয়ায় কিটোন উৎপন্ন করে

$$C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{AlCl_3} \underset{\text{ফিনাইল মিথাইল কিটোন}}{C_6H_5\,COCH_3}$$

(f) **ওজোনাইড গঠন :** বেঞ্জিন ও ওজোন পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া দুস্থিত যৌগ ট্রাইওজোনাইড গঠন করে। ট্রাইওজোনাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গ্লাইঅক্সাল দেয়।

$$C_6H_6 + 3O_3 \rightarrow C_6H_6(O_3)_3 \xrightarrow{3H_2O} CHO\text{-}CHO + 3H_2O_2$$

(g) **বিজারণ :** নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে 200°C উষ্ণতায় বেঞ্জিন বাষ্প হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_6 + 3H_2 \xrightarrow[200°C]{Ni} C_6H_{12}$$

(f) এবং (g) বিক্রিয়া দুইটি হইতে বুঝা যায় যে, বেঞ্জিনের একটি অণুতে তিনটি দ্বিবন্ধন বর্তমান।

(h) ঝামাপাথর পূর্ণ লোহিত তপ্ত (600°C) লৌহ নলের মধ্য দিয়া বেঞ্জিন বাষ্প প্রবাহিত করিলে বাই ফিনাইল বা ডাইফিনাইল যৌগ উৎপন্ন হয়

$$2C_6H_6 \xrightarrow{600°C} C_6H_5\text{-}C_6H_5 + H_2 \text{ (বাইফিনাইল)}$$

12.8 ব্যবহার

ইহা তৈল, চর্বি, রাবার, লাক্ষা ও রোজিনের দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহাকে পেট্রোলের সঙ্গে মিশাইয়া মোটরের জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়। ইহা উচ্চতর সমগণীয় হাইড্রোকার্বন প্রস্তুতিতেও ব্যবহৃত হয়। বস্ত্রাদির শুষ্ক ধৌতকরণে (dry washing) ইহার ব্যবহার আছে।

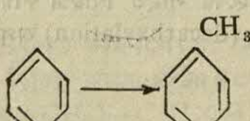
12.9 প্যারাফিন বা সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন ও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের পার্থক্য

প্যারাফিন	অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন
1. সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+2}	1. সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n-6}
2. সম্পৃক্ত এবং মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ। কার্বন পরমাণুর মধ্যে একবন্ধন বর্তমান।	2. অসম্পৃক্ত বদ্ধ শৃঙ্খল যৌগ। কার্বন পরমাণু গুলির মধ্যে পর্যায়ক্রমে একবন্ধন ও দ্বিবন্ধন বর্তমান।
3. প্যারাফিন যৌগে কার্বনের শতকরা পরিমাণ কম। বায়ুতে দহনের সময় প্রদীপ্ত শিখায় জলে।	3. অ্যারোম্যাটিক যৌগে কার্বনের শতকরা পরিমাণ তুলনামূলকভাবে বেশি বলিয়া বায়ুতে দহনের সময় ভূষা হিসাবে কার্বন মুক্ত হয়।
4. যুতযৌগ গঠন করে না, প্রত্যক্ষ সূর্যালোকে হ্যালোজেনের সহিত বিক্রিয়াকালে কার্বন মুক্ত হয়। বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দেয়।	4. প্রত্যক্ষ সূর্যালোকে যুতযৌগ গঠন করে, লৌহচূর্ণ অথবা আয়োডিনের উপস্থিতিতে প্রতিস্থাপিত যৌগ গঠন করে।
5. ওজোনের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া নাই।	5. ওজোনের সহিত ট্রাইওজোনাইড যৌগ গঠন করে।
6. ঘন HNO_3 ও ঘন H_2SO_4-এর সঙ্গে কোন বিক্রিয়া করে না।	6. ঘন HNO_3 ও H_2SO_4-এর মিশ্রণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোযৌগ উৎপন্ন করে। কেবলমাত্র ঘন H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া অ্যারোমেটিক সালফোনিক অ্যাসিড যৌগ উৎপন্ন করে।
7. H_2-এর সহিত কোন বিক্রিয়া নাই।	7. উচ্চ উষ্ণতায় Ni-চূর্ণের উপস্থিতিতে H_2 দ্বারা বিজারিত হয়।

টলুইন ($C_6H_5CH_3$)

12.10 সূচনা

আলকাতরাকে আংশিক পাতন করিলে যে-লাইট অয়েল পাওয়া যায় তাহাতে প্রচুর পরিমাণে টলুইন থাকে। লাইট অয়েলকে পুনরায় আংশিক পাতন করিয়া 110°C উষ্ণতায় প্রাপ্ত অংশ হইতে টলুইন সংগ্রহ করা হয়। টলু বৃক্ষের নির্যাসকে শুষ্ক পাতন করিয়া টলুইন প্রথম প্রস্তুত করা হয় (1841) বলিয়া ইহার নাম টলুইন। বেঞ্জিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু $-CH_3$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে টলুইন উৎপন্ন হয়। ইহার অপর নামগুলি হইল মিথাইল বেঞ্জিন অথবা ফিনাইল মিথেন ($-C_6H_5$ মূলককে ফিনাইল মূলক বলা হয়)



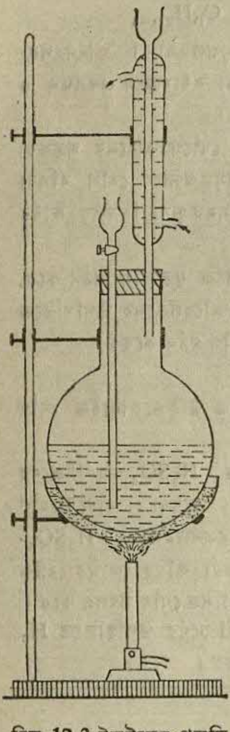
বেঞ্জিন টলুইন

$$C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5CH_3$$

12.11 টলুইনের প্রস্তুতি

(a) **ভুৎ´স ফিটিক্ বিক্রিয়া :** ব্রোমো অথবা আয়োডো বেঞ্জিনের ইথারীয় দ্রবণের সহিত ধাতব সোডিয়াম ও অ্যালকিল হ্যালাইড বিক্রিয়া করিয়া বেঞ্জিনের উচ্চতর সমগণীয় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে। তাই ব্রোমোবেঞ্জিনের ইথারীয় দ্রবণের সহিত ধাতব সোডিয়াম এবং মিথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় টলুইন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5Br + 2Na + ICH_3 \rightarrow C_6H_5CH_3 + NaI + NaBr$$



চিত্র 12.3 টলুইনের প্রস্তুতি

বিন্দুপাতী ফানেল ও শীতকযুক্ত একটি কাচের পাত্রের মধ্যে ধাতব সোডিয়ামের টুকরা রাখিয়া শুষ্ক ইথার দ্বারা আবৃত করা হয়। অতঃপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ব্রোমোবেঞ্জিন ও মিথাইল আয়োডাইডের মিশ্রণ (আয়তনানুপাত 1 : 1) পাত্রের মধ্যে যোগ করিয়া বালিগাহে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার শেষে পাত্রটি শীতল করিয়া পাত্রমধ্যস্থিত তরলকে আংশিক পাতন করিয়া টলুইন পৃথক করা হয়।

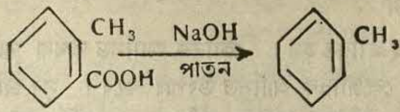
(b) **ফিডেল ক্রাফ্ট বিক্রিয়া** (1877) **:** অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে অতিরিক্ত বেঞ্জিনের সহিত মিথাইল হ্যালাইড, সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করিয়া টলুইন উৎপন্ন করে। পূর্বেই বলা হইয়াছে অ্যালকিন এবং অ্যালিফ্যাটিক অ্যালকোহলও এই বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। অনার্দ্র $AlCl_3$-এর পরিবর্তে $FeCl_3$, BF_3 অথবা $ZnCl_2$ ব্যবহার করা যাইতে পারে।

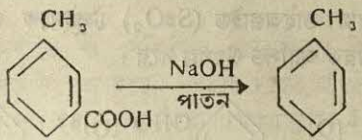
$$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3 + HCl$$

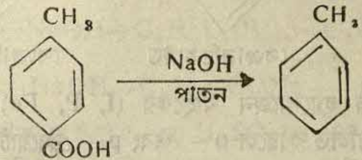
$$C_6H_6 + CH_3OH \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3 + H_2O$$

(c) o–, m–, অথবা p– টলুইক অ্যাসিড সোডালাইমের সহিত মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে টলুইন উৎপন্ন হয়।

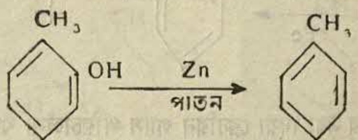
অ্যাসিডগুলি প্রথমে উহাদের সোডিয়াম লবণে পরিণত হয়। অতঃপর উৎপন্ন লবণগুলি অতিরিক্ত সোডালাইমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া টলুইন উৎপন্ন করে। ইহা কার্বক্সিলমূলক বিচ্ছিন্ন করণের (decarbxylation) অপর একটি উদাহরণ।



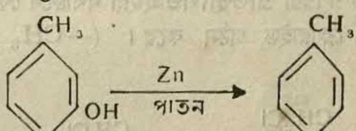




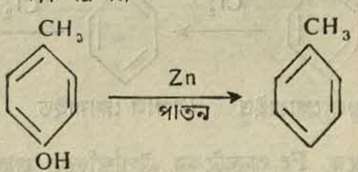
(d) o –, m –, p – ক্রিসল (হাইড্রক্সি টলুইন) জিঙ্ক চূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে টলুইন উৎপন্ন হয়



o – ক্রিসল



m- ক্রিসল



p– ক্রিসল

(e) গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে : ফিনাইল ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড মিথাইল আয়োডাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া টলুইন উৎপন্ন করে

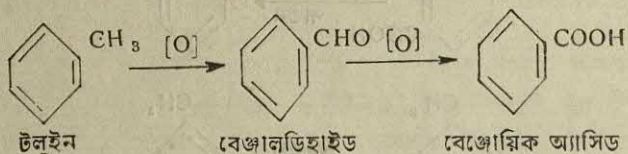
$$C_6H_5MgBr + CH_3I \rightarrow C_6H_5CH_3 + MgBrI$$

12.12 টলুইনের ধর্ম

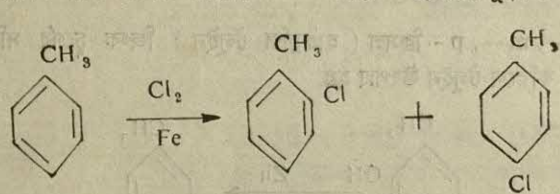
ভৌত ধর্ম : বর্ণহীন বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 110°C, গলনাঙ্ক –98°C, আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·869। জলে অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যাল্‌কোহল ও ইথারে দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম

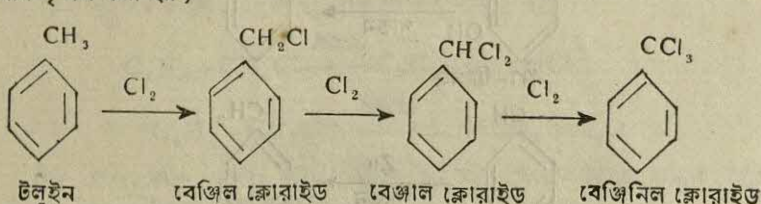
(a) ইহা সহজেই জারিত হয়। ক্রোমিক অ্যাসিড অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ইহাকে জারিত করিয়া বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। মৃদু জারক দ্রব্য যথা ক্রোমিল ক্লোরাইড ($CrOCl_2$) ইহাকে জারিত করিয়া বেঞ্জালডিহাইড গঠন করে। 250°-340°C উষ্ণতায় সিলেনিয়াম ডাইঅক্সাইড (SeO_2) টলুইনকে জারিত করিয়া বেঞ্জালডিহাইড এবং পরে বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



(b) শীতল অবস্থায় হ্যালোজেন বাহকের (I, P, Fe) উপস্থিতিতে টলুইনের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস চালিত করিলে o – এবং p – ক্লোরোটলুইন উৎপন্ন হয়



(c) ফুটন্ত টলুইনের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস পরিচালনা করিলে $—CH_3$ মূলকের হাইড্রোজেন একটি একটি করিয়া প্রতিস্থাপিত হইয়া যথাক্রমে বেঞ্জিল ক্লোরাইড, বেঞ্জাল ক্লোরাইড এবং বেঞ্জিনিল ক্লোরাইড গঠন করে। ($—CH_3$ মূলককে অনেক সময় পার্শ্ব শৃঙ্খল বলা হয়)



বেঞ্জিনিল ক্লোরাইডকে Fe অনুঘটকের উপস্থিতিতে জলীয় $Ca(OH)_2$ দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়

$$C_6H_5C(Cl)_3 \xrightarrow{H_2O} C_6H_5C(OH)_3 \longrightarrow C_6H_5COOH$$

মনে রাখিতে হইবে, o-ক্লোরো টলুইন এবং p-ক্লোরো টলুইন ক্ষার দ্রবণ দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না। অপরপক্ষে $—CH_3$ মূলকের প্রতিস্থাপিত ক্লোরিন যৌগগুলি ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে।

(i) বেঞ্জিল ক্লোরাইডকে NaOH দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে উহা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া বেঞ্জাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে

$$C_6H_5CH_2Cl + NaOH \longrightarrow C_6H_5CH_2OH + NaCl$$

বেঞ্জাইল অ্যালকোহল

(ii) বেঞ্জাল ক্লোরাইডকে NaOH দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে বেঞ্জালডিহাইড উৎপন্ন হয় $C_6H_5CHCl_2 + 2NaOH \rightarrow C_6H_5CH(OH)_2 \rightarrow C_6H_5CHO + H_2O$

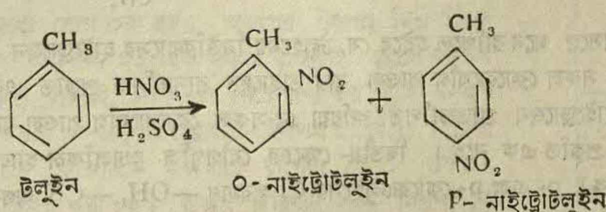
বেঞ্জালডিহাইড

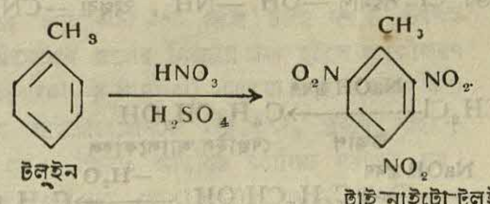
(iii) বেঞ্জোট্রাইক্লোরাইড বা বেঞ্জিনিল ক্লোরাইডকে NaOH দ্রবণ আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ইহার সহিত অতিরিক্ত NaOH-এর বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বেঞ্জোয়েট উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম বেঞ্জোয়েটকে HCl দ্বারা অম্লীকৃত করিলে অদ্রাব্য বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$C_6H_5CCl_3 + 3NaOH \rightarrow C_6H_5C(OH)_3 \rightarrow C_6H_5COOH$$

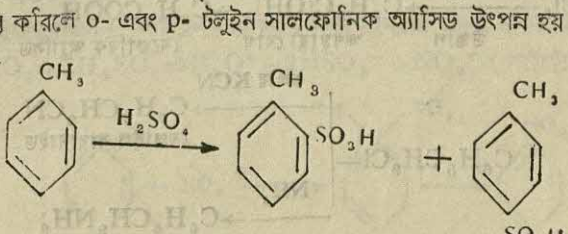
$$C_6H_5COOH + NaOH \rightarrow C_6H_5COONa \xrightarrow{HCl} C_6H_5COOH$$

(d) 60°-70°C উষ্ণতায় টলুইন গাঢ় H_2SO_4 ও গাঢ় HNO_3 মিশ্রণের (1 : 1 আয়তনানুপাত) সহিত বিক্রিয়া করিয়া o- এবং p- নাইট্রোটলুইন উৎপন্ন করে। অবশেষে ট্রাইনাইট্রো টলুইন উৎপন্ন হয়।

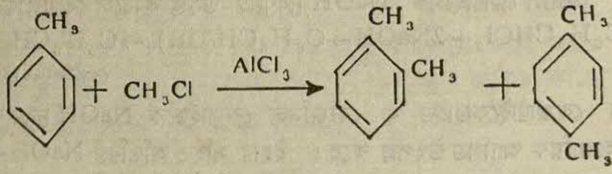




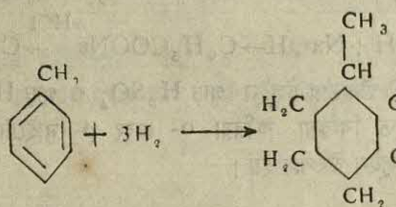
(e) স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ধূমায়মান H_2SO_4 অথবা টলুইন এবং ঘন H_2SO_4-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে o- এবং p- টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



(e) টলুইন ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে টলুইন CH_3Cl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া o- এবং p- জাইলিন উৎপন্ন করে।



(f) Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে 180°C উষ্ণতায় টলুইন বাষ্প হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হেক্সা হাইড্রো টলুইন গঠন করে।



এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে যে, টলুইনের নিউক্লিয়াসের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া যে সকল ক্লোরোযৌগ পাওয়া যায় তাহাদের রাসায়নিক প্রকৃতি এবং $—CH_3$ মূলকের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া যে-সকল ক্লোরোযৌগ পাওয়া যায় তাহাদের রাসায়নিক প্রকৃতি এক নহে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রের যৌগগুলি অ্যালকিল হ্যালাইডের ন্যায় আচরণ করে। o- এবং p- ক্লোরোটলুইনের Cl পরমাণু —OH, —CN অথবা $—NH_2$ দ্বারা প্রতিস্থাপন যোগ্য নহে। অপরপক্ষে বেঞ্জিল ক্লোরাইড, বেঞ্জাল ক্লোরাইড এবং বেঞ্জিনিল ক্লোরাইডের Cl পরমাণু —OH, $—NH_2$, অথবা —CN দ্বারা প্রতিস্থাপনযোগ্য।

$$C_6H_5CH_2Cl \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{NaOH দ্রবণ}} \underset{\text{বেঞ্জাইল অ্যালকোহল}}{C_6H_5CH_2OH}$$

$$C_6H_5CHCl_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{NaOH দ্রবণ}} \underset{\text{ক্ষণস্থায়ী যৌগ}}{C_6H_5CH(OH)_2} \xrightarrow{-H_2O} \underset{\text{বেঞ্জালডিহাইড}}{C_6H_5CHO}$$

$$C_6H_5CCl_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{NaOH দ্রবণ}} \underset{\text{ক্ষণস্থায়ী যৌগ}}{C_6H_5C(OH)_3} \rightarrow \underset{\text{বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH}$$

$$C_6H_5CH_2Cl — \begin{cases} \xrightarrow{\text{জলীয় KCN}} \underset{\text{বেঞ্জাইল সায়ানাইড}}{C_6H_5CH_2CN} \\ \xrightarrow{NH_3} \underset{\text{বেঞ্জাইল অ্যামিন}}{C_6H_5CH_2NH_2} \end{cases}$$

12.13 টলুইনের ব্যবহার

উচ্চ শক্তি সম্পন্ন বিস্ফোরক T.N.T প্রস্তুত করিতে, ঔষধ প্রস্তুতিতে, ছাপার কালি প্রস্তুতিতে এবং উত্তম দ্রাবক হিসাবে টলুইনের বহুল ব্যবহার আছে।

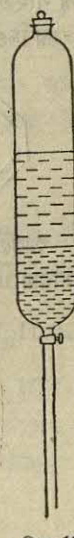
নাইট্রোবেঞ্জিন, $C_6H_5NO_2$

12.14 সূচনা

বেঞ্জিন অণুর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু $-NO_2$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। গাঢ় H_2SO_4 এবং গাঢ় HNO_3-এর মিশ্রণ বেঞ্জিনের সহিত সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন করে। তুলনামূলকভাবে বেশি গাঢ় অ্যাসিড ও উচ্চ তাপমাত্রায় ডাই নাইট্রোবেঞ্জিন এবং ট্রাই নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

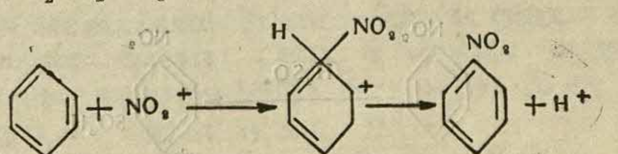
12.15 নাইট্রোবেঞ্জিন প্রস্তুতি

(a) **রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory method)**: একটি ফ্লাস্কের মধ্যে 45 c.c. বেঞ্জিন লওয়া হয়। 1·4 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট গাঢ় HNO_3 এবং গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রণের (1 : 1 আয়তন অনুপাতে) 50 c.c. লইয়া শীতল করা হয় এবং ধীরে ধীরে ফ্লাস্ক মধ্যস্থিত বেঞ্জিনের মধ্যে যোগ করা হয়। অতঃপর উৎপন্ন মিশ্রণটিকে ভালোভাবে ঝাঁকানো হয় এবং উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে শীতল করিয়া উষ্ণতা সর্বদাই 50°C-এর নিচে রাখা হয় (50°C-এর উপরের উষ্ণতায় *m*-ডাই-নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হইবে)। বিক্রিয়া সমাপ্ত হইলে ফ্লাস্কটিকে জলগাহে রাখিয়া 70°C উষ্ণতায় 45 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত করিবার সময় মিশ্রণটিকে মাঝে মাঝে আলোড়িত করিতে হয়, অতঃপর বিক্রিয়া মিশ্রণটিকে শীতল করিয়া প্রায় 400 c.c. জলে ঢালা হয়। উৎপন্ন অদ্রাব্য নাইট্রোবেঞ্জিন জলের নিম্নস্তরে জমা হইলে পৃথকীকরণ ফানেলের (separating funnel) সাহায্যে উহাকে পৃথক করা হয়। উৎপন্ন নাইট্রোবেঞ্জিনকে Na_2CO_3 দ্রবণের সাহায্যে ধৌত করা হয়। ইহাতে অতিরিক্ত অ্যাসিড দূরীভূত হয়। ইহাকে আবার জলের দ্বারা ধৌত করিয়া অনার্দ্র $CaCl_2$-এর দ্বারা শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয়। সংগৃহীত নাইট্রোবেঞ্জিনকে আংশিক পাতন করিলে 207°C-211°C উষ্ণতায় প্রাপ্ত অংশ বিশুদ্ধ নাইট্রোবেঞ্জিন। নাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় নাইট্রোনিয়াম আয়ন সক্রিয় অংশ গ্রহণ করে।

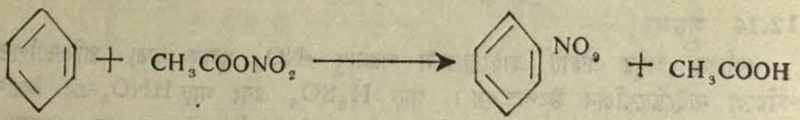


চিত্র 12.4
পৃথকীকরণ ফানেল

$$HNO_3 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons H_3O^+ + 2HSO_4^- + NO_2^+$$ (নাইট্রোনিয়াম আয়ন)



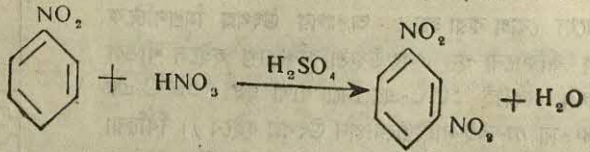
(b) অ্যাসিটাইল নাইট্রেট ও বেঞ্জিন পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোবেঞ্জিন গঠন করে। অ্যাসিটাইল নাইট্রেট ব্যবহার করিলে কেবলমাত্র মনো নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। ঐ দিক দিয়া বিচার করিলে এই বিক্রিয়ায় সুবিধা থাকিলেও, অ্যাসিটাইল নাইট্রেট বিস্ফোরক পদার্থ বলিয়া সাধারণত ব্যবহার করা হয় না।



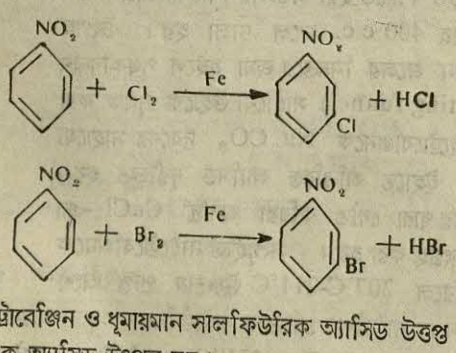
12.16 নাইট্রোবেঞ্জিনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : হরিদ্রাভ তেলের মত বিষাক্ত তরল। 20°C উষ্ণতায় আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·204, স্ফুটনাঙ্ক 209°C, বিশিষ্ট গন্ধ আছে। জল অপেক্ষা ভারী এবং জলে অদ্রাব্য। অ্যালকোহল, ইথার এবং বেঞ্জিনে দ্রাব্য।

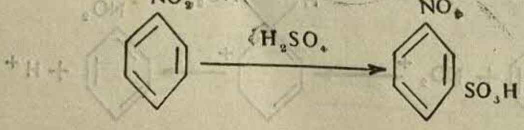
রাসায়নিক ধর্ম : (i) ইহা খুব সুস্থিত যৌগ। ইহাকে সহজে জারিত করা যায় না। অ্যাসিডের সহিত ইহা মোটেই বিক্রিয়া করে না। নাইট্রোবেঞ্জিনকে গাঢ় H_2SO_4 এবং গাঢ় HNO_3-এর মিশ্রণ সহযোগে জলগাহে উত্তপ্ত করিলে m-ডাই নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



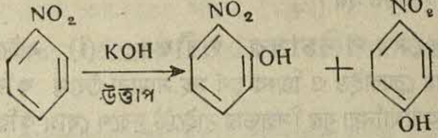
(ii) আয়রন-চূর্ণের উপস্থিতিতে নাইট্রোবেঞ্জিন ক্লোরিন অথবা ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া m-ক্লোরো অথবা m-ব্রোমো নাইট্রোবেঞ্জিন গঠন করে।



(iii) নাইট্রোবেঞ্জিন ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে m-নাইট্রো-বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



(iv) কঠিন KOH-এর সহিত নাইট্রোবেঞ্জিন যোগ করিয়া বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে o- এবং p- নাইট্রো-ফেনল উৎপন্ন হয়।



(v) **নাইট্রোবেঞ্জিনের বিজারণ ঃ** নাইট্রোবেঞ্জিনের বিজারণ বিজারকের প্রকৃতি এবং বিক্রিয়ার মাধ্যমের উপর নির্ভরশীল। বিভিন্ন মাধ্যমে এবং অবস্থায় নাইট্রোবেঞ্জিনের বিজারণ নিম্নে দেওয়া হইল ঃ

(a) তীব্র অ্যাসিড মাধ্যমে নাইট্রোবেঞ্জিন Sn, Zn $SnCl_2$ ইত্যাদির সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যানিলিনে বিজারিত হয়।



$$+ 6H \longrightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$

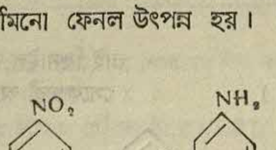
(b) প্রশম মাধ্যমে অ্যালুমিনিয়াম-মারকারি অ্যামালগাম (Al/Hg Couple) অথবা Zn ও NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণের সহিত নাইট্রোবেঞ্জিন উত্তপ্ত করিলে ফিনাইল হাইড্রক্সিল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5NO_2 + 4H \rightarrow C_6H_5NHOH + H_2O$$

(c) ক্ষারীয় মাধ্যমে Zn চূর্ণ অথবা, Sn অথবা $SnCl_2$ নাইট্রোবেঞ্জিনকে বিজারিত করিয়া প্রথমে অ্যাজোক্সিবেঞ্জিন, পরে অ্যাজোবেঞ্জিন এবং সবশেষে হাইড্রাজোবেঞ্জিন গঠন করে।

$$\begin{array}{c} C_6H_5NO_2 \\ C_6H_5NO_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} C_6H_5N\rightarrow O \\ \| \\ C_6H_5N \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} C_6H_5N \\ \| \\ C_6H_5N \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} C_6H_5NH \\ | \\ C_6H_5NH \end{array}$$

(d) তীব্র অ্যাসিড মাধ্যমে নাইট্রোবেঞ্জিনের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে উহা বিজারিত হইয়া p-অ্যামিনো ফেনল উৎপন্ন হয়। মৃদু অ্যাসিড মাধ্যমে অবশ্য অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।



(vi) প্লাটিনাম অথবা রেনে নিকেলের উপস্থিতিতে নাইট্রোবেঞ্জিন হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া অ্যানিলিন গঠন করে। $CaCO_3$ ও প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোবেঞ্জিন হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া অ্যাজোবেঞ্জিন গঠন করে।

$$C_6H_5NO_2 + 6H \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$
$$2C_6H_5NO_2 + 4H_2 \rightarrow C_6H_5N{=}NC_6H_5 + 4H_2O$$

12.17 নাইট্রোবেঞ্জিনের ব্যবহার

বুট পালিসের গন্ধদ্রব্য হিসাবে, নাইট্রো ফেনল প্রস্তুতিতে, অ্যানিলিন প্রস্তুতিতে, উত্তম দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

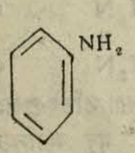
নাইট্রোবেঞ্জিনের পরিচায়ক পরীক্ষা: (i) নাইট্রোবেঞ্জিনকে অ্যালকোহল, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও জিঙ্ক চূর্ণ সহ সামান্য উত্তপ্ত করিবার পর পরিস্রাবন করিয়া পরিস্রুতকে অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে যোগ করিলে কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। (ii) নাইট্রোবেঞ্জিনকে Sn এবং অতিরিক্ত HCl সহ উত্তপ্ত করিবার পর শীতল করিয়া $NaNO_2$ যোগ করিলে এবং আবার শীতল করিয়া ক্ষারীয় বিটা ন্যাফ্‌থলের সহিত মিশ্রিত করিলে লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে।

অ্যানিলিন

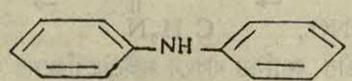
12.18 সূচনা

1826 খ্রীস্টাব্দে নীলের (Indigo) অন্তর্ধূম পাতন করিয়া অ্যানিলিন প্রথম প্রস্তুত করা হয়। পরে বিভিন্ন পদ্ধতিতে উহার উৎপাদন করা হয়।

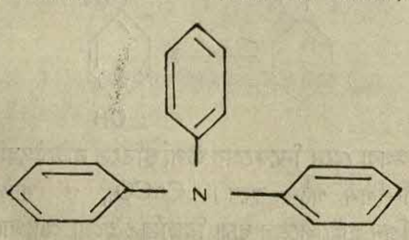
বেঞ্জিন অণুর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু $-NH_2$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। অন্যভাবে বলিতে গেলে NH_3-এর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু $-C_6H_5$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। NH_3 অণুর দুইটি এবং তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু $-C_6H_5$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যথাক্রমে ডাইফিনাইল অ্যামিন এবং ট্রাইফিনাইল অ্যামিন উৎপন্ন হয়। অ্যালিফেটিক অ্যামিনের ন্যায় অ্যারোমেটিক অ্যামিন তিনভাগে বিভক্ত। অ্যানিলিন হইল প্রাইমারী অ্যামিন। ডাইফিনাইল এবং ট্রাইফিনাইল অ্যামিন যথাক্রমে সেকেণ্ডারী এবং টারসিয়ারী অ্যামিন।



অ্যানিলিন
(প্রাইমারী অ্যামিন)



ডাই ফিনাইল অ্যামিন
(সেকেণ্ডারী অ্যামিন)

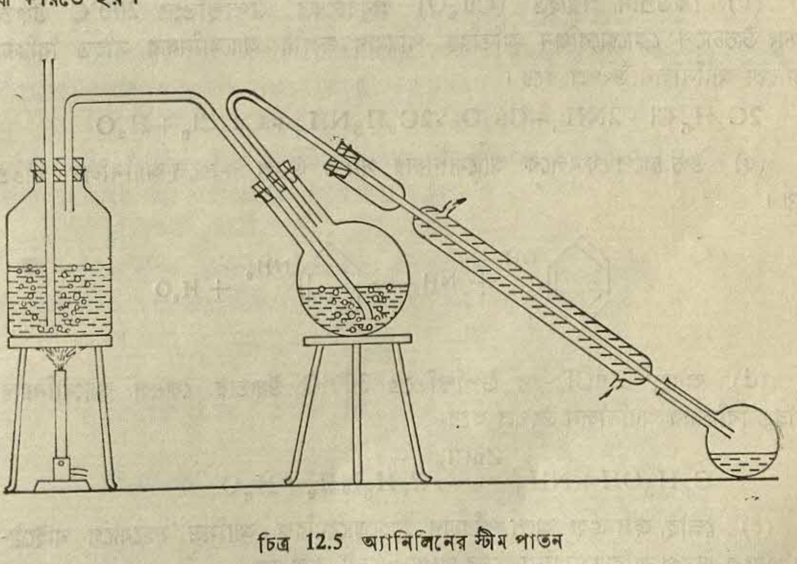


ট্রাইফিনাইল অ্যামিন
(টারসিয়ারী অ্যামিন)

12.19 অ্যানিলিনের প্রস্তুতি

(a) **রসায়নাগার পদ্ধতি** (Laboratory method)ঃ রসায়নাগারে নাইট্রোবেঞ্জিনের সহিত টিন এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়। টিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিলে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রোবেঞ্জিনকে বিজারিত করিয়া অ্যানিলিন উৎপন্ন করে।

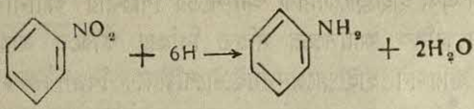
বায়ু-শীতক (air condenser)-যুক্ত একটি গোলাকার ফ্লাস্কে 25 গ্রাম নাইট্রোবেঞ্জিন এবং 40 গ্রাম টিনের টুকরা রাখিয়া উহার মধ্যে 20 মিলিলিটার করিয়া পাঁচ বারে মোট 100 মিলি লিটার গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যুক্ত করা হয়। বিক্রিয়াটি তীব্রতার সহিত সংঘটিত হয় এবং প্রচুর তাপ নির্গত হয়। তাই ফ্লাস্কটিকে শীতল জলের উপর বসাইয়া শীতল করিতে হয়। বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত হইলে বিক্রিয়া মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা হয়। নাইট্রোবেঞ্জিনের গন্ধ দূরীভূত হইলে তাপ প্রয়োগ বন্ধ করিতে হয়।



চিত্র 12.5 অ্যানিলিনের স্টীম পাতন

অতঃপর বিক্রিয়া মিশ্রণকে শীতল করিয়া ইহাতে 20% কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিয়া মিশ্রণটিকে ক্ষারীয় করা হয়। ইহার ফলে গাঢ় বাদামী বর্ণের অশুদ্ধ অ্যানিলিন উপরে ভাসিয়া উঠে। অশুদ্ধ অ্যানিলিনকে জলীয় বাষ্পের সহিত পাতিত (steam distillation) করিয়া জল মিশ্রিত অ্যানিলিনের ইমালসন প্রস্তুত করা হয় (চিত্র 12.5)। ইহার সহিত সাধারণ লবণ মিশাইয়া ঝাঁকাইলে সব অ্যানিলিন বিচ্ছিন্ন হইয়া জল ও অ্যানিলিনের দুইটি স্তর সৃষ্টি করে। পৃথকীকরণ ফানেলের দ্বারা জলকে দূরীভূত করিয়া প্রাপ্ত অ্যানিলিনকে ইথারে দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণের সহিত কঠিন কস্টিক

পটাশ যোগ করিয়া শুষ্ক করা হয়। অতঃপর আংশিক পাতনের সাহায্যে ইথারকে দূরীভূত করিলে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন পাওয়া যায়।



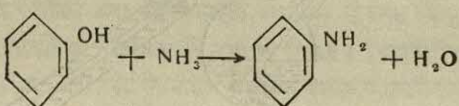
বা, $C_6H_5NO_2 + 3Sn + 6HCl \rightarrow C_6H_5NH_2 + 3SnCl_2 + 2H_2O$

স্টীম পাতন (Steam distillation) ঃ কোন তরলকে পাতিত করিবার সময় যদি তরলটির মধ্যে যুগপৎ জলীয় বাষ্প পরিচালনা করা হয় এবং ইহার ফলে যদি তরলটি জলমিশ্রিত হইয়া গ্রাহকপাত্রে জমা হয় এবং অপদ্রব্যগুলি পাতনফ্লাস্কে রহিয়া যায় তখন সেই পদ্ধতিকে বলা হয় '**স্টীম পাতন**'। জলমিশ্রিত তরলটিকে পৃথকীকরণ ফানেলের সাহায্যে পৃথক করিয়া অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত কয়েক ঘণ্টা রাখিয়া দিলে বিশুদ্ধ তরল পাওয়া যায়।

(b) কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) অনুঘটকের উপস্থিতিতে 200°C উষ্ণতা এবং উচ্চচাপে ক্লোরোবেঞ্জিন অতিরিক্ত পরিমাণ জলীয় অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যানিলিন উৎপন্ন করে।

$2C_6H_5Cl + 2NH_3 + Cu_2O \rightarrow 2C_6H_5NH_2 + Cu_2Cl_2 + H_2O$

(c) উচ্চ চাপে ফেনলকে অ্যামোনিয়ার সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যানিলিন গঠিত হয়।



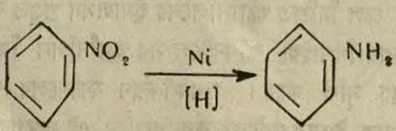
(d) অনার্দ্র $ZnCl_2$-এর উপস্থিতিতে 300°C উষ্ণতায় ফেনল অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যানিলিন উৎপন্ন করে

$$C_6H_5OH + NH_3 \xrightarrow{ZnCl_2} C_6H_5NH_2 + H_2O$$

(e) লৌহ, জল এবং অল্প পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে নাইট্রোবেঞ্জিনকে উত্তপ্ত করিয়া অ্যানিলিনের পণ্যোৎপাদন করা হয়।

$C_6H_5NO_2 + 3Fe + 6HCl \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O + 3FeCl_2$

(f) Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোবেঞ্জিনের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালিত করিয়াও অ্যানিলিনের পণ্যোৎপাদন করা হয়।



(g) বেঞ্জামাইডের সহিত ব্রোমিন ও কষ্টিক পটাশ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলেও সামান্য অ্যানিলিন উৎপন্ন হয় (হফমানের অবনয়ন)

$$C_6H_5CONH_2 \xrightarrow[KOH]{Br_2} C_6H_5NH_2$$

12.20 ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ বর্ণহীন, বিশ্রী গন্ধযুক্ত বিষাক্ত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 184°C। বাতাসের উপস্থিতিতে ইহা গাঢ় বাদামী বর্ণ ধারণ করে। জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য কিন্তু জলে অতি সামান্য দ্রবীভূত হয়। ইহা জলীয় বাষ্পের সহিত বাষ্পীভূত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(a) অ্যানিলিন একটি মৃদু ক্ষার। তীব্র অজৈব অ্যাসিডের সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া কেলাসাকার লবণ গঠন করে। এই লবণগুলি আবার জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়। $C_6H_5NH_2+H_2SO_4 \rightarrow [C_6H_5NH_4]^{++}SO_4^{--}$

$$C_6H_5NH_2+HCl \rightarrow C_6H_5NH_2, HCl \text{ বা } C_6H_5NH_3^+Cl^-$$

$$C_6H_5NH_2, HCl+H_2O \rightarrow C_6H_5NH_3(OH)+HCl$$

(b) অ্যানিলিন হাইপোহ্যালাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিলে NH_2 মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$C_6H_5NH_2+HOCl \rightarrow C_6H_5NHCl+H_2O$$

(c) Na অথবা K ধাতু অ্যানিলিনে যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে ধাতু অ্যানিলিনে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় ;

$$2C_6H_5NH_2+2K=2[C_6H_5NH]^-K^++H_2$$

(d) অ্যালকিল হ্যালাইডের সহিত অ্যানিলিন বিক্রিয়া করিয়া সেকেণ্ডারী, টারসিয়ারী এবং শেষে কোয়াটারনারি অ্যামোনিয়াম যৌগ উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5NH_2+CH_3I \rightarrow C_6H_5NH(CH_3),HI$$

মিথাইল অ্যানিলিন হাইড্রোআয়োডাইড

$$C_6H_5NH\ CH_3)+CH_3I \rightarrow C_6H_5N(CH_3)_2, HI$$

ডাই মিথাইল অ্যানিলিন হাইড্রোআয়োডাইড

$$C_6H_5N(CH_3)_2+CH_3I \rightarrow [C_6H_5N(CH_3]_3{}^+I^-$$

ফিনাইল ট্রাইমিথাইল অ্যানিলিন আয়োডাইড

(e) অ্যালকোহলীয় KOH এবং $CHCl_3$-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া অ্যানিলিনকে উত্তপ্ত করিলে অত্যন্ত দুর্গন্ধযুক্ত বিষাক্ত ফিনাইল আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়। এই পরীক্ষার দ্বারা অ্যানিলিনকে সনাক্ত করা হয়। ইহাকে কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া বলে। তবে অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিনও এই বিক্রিয়া দেয়।

$$C_6H_5NH_2+CHCl_3+3KOH \rightarrow C_6H_5NC+3KCl+3H_2O$$

ফিনাইল আইসোসায়ানাইড

(f) সামান্য ক্ষারের উপস্থিতিতে সাধারণ তাপমাত্রায় CH_3COCl, উত্তপ্ত অবস্থায় CH_3COOH অথবা $(CH_3CO)_2O$ (অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড) অ্যানিলিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিট্যানিলাইড গঠন করে।

$$C_6H_5NH_2 + ClCOCH_3 \rightarrow C_6H_5NHCOCH_3$$
অ্যাসিট্যানিলাইড

$$C_6H_5NH_2 + (CH_3CO)_2O \rightarrow C_6H_5NHCOCH_3 + CH_3COOH$$
$$C_6H_5NH_2 + HOOCCH_3 \rightarrow C_6H_5NHCOCH_3 + H_2O$$

(g) লঘু খনিজ অ্যাসিডে অ্যানিলিন দ্রবীভূত করিয়া 0°C উষ্ণতায় শীতল করিয়া উহাতে $NaNO_2$ যোগ করিলে বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠিত হয়। ইহার ফলে দ্রবণটির বর্ণ হলুদ হইয়া যায়। এই বিক্রিয়াকে **ডায়াজোটাইজেশন বিক্রিয়া** বলা হয়। $NaNO_2$ খনিজ অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া HNO_2 উৎপন্ন করে। এই HNO_2 ডায়াজোটাইজেশন বিক্রিয়ায় প্রত্যক্ষভাবে অংশ গ্রহণ করে ;

$$NaNO_2 + HCl \longrightarrow HNO_2 + NaCl$$
$$C_6H_5NH_2,HCl + HNO_2 \longrightarrow C_6H_5N_2Cl + 2H_2O$$
বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড

$$C_6H_5NH_2,HSO_4 + HNO_2 \longrightarrow C_6H_5N_2HSO_4 + H_2O$$
বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট

বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম লবণকে যে-কোন ফেনল যৌগের (যথা ফেনল, α-ন্যাফথল, β-ন্যাফথল) ক্ষারীয় দ্রবণে শীতল অবস্থায় যোগ করিলে হলুদ অথবা লাল বর্ণের রঙীন পদার্থ উৎপন্ন হয়। ইহা $-NH_2$ মূলকের পরিচায়ক পরীক্ষা। এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে যে, অ্যালিফ্যাটিক প্রাইমারী অ্যামিন এই প্রকার বিক্রিয়া দেয় না। এই বিক্রিয়াকে ডায়াজো বিক্রিয়া বলে।

12.21 কয়েকটি জ্ঞাতব্য

(i) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে ফেনল (C_6H_5OH) উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + H_2O \xrightarrow[\Delta]{\text{উত্তাপ}} C_6H_5OH + N_2 + HCl$$

(ii) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে বেঞ্জিন পাওয়া যায়। একই সঙ্গে অ্যালকোহল জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + C_2H_5OH \xrightarrow{\Delta} C_6H_6 + CH_3CHO + HCl \; [\Delta = \text{উত্তাপের চিহ্ন}]$$

(iii) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড লবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে Cu_2Cl_2 যোগ করিয়া 60°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ক্লোরোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। অনুরূপ ভাবে ব্রোমোবেঞ্জিন উৎপন্ন করা যায়। এই বিক্রিয়াকে **স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া** বলা হয়।

$$C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[HCl]{Cu_2Cl_2} C_6H_5Cl + N_2$$
$$C_6H_5N_2Br \xrightarrow[HBr]{Cu_2Br_2} C_6H_5Br + N_2$$

(iv) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে $C_6H_5N_2Cl$ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডোবেঞ্জিন গঠিত হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + KI \rightarrow C_6H_5I + N_2 + KCl$$

(v) পটাসিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণে কিউপ্রাস সায়ানাইড ও ডায়জোনিয়াম লবণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে সায়ানোবেঞ্জিন বা বেঞ্জোনাইট্রাইল বা ফিনাইল সায়ানাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + KCN \xrightarrow{Cu_2(CN)_2} C_6H_5CN + N_2 + KCl$$

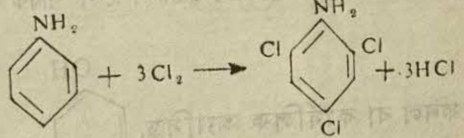
(g) অ্যানিলিন অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যানিল (anil) গঠন করে।

$$C_6H_5NH_2 + OHC - C_6H_5 \rightarrow \underset{\text{বেঞ্জাল অ্যানিল}}{C_6H_5N = HCC_6H_5} + H_2O$$

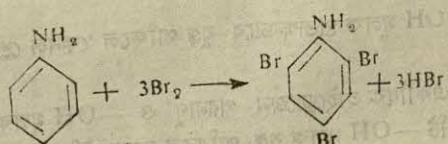
(h) অ্যানিলিন বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ডায়াজো-অ্যামিনো বেঞ্জিন গঠন করে।

$$C_6H_5N_2Cl + H_2NC_6H_5 \rightarrow \underset{\text{ডায়জো অ্যামিনো বেঞ্জিন}}{C_6H_5N{=}N\text{-}NHC_6H_5} + HCl$$

(i) সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন এবং ব্রোমিন অ্যানিলিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2 : 4 : 6 ট্রাই-ক্লোরো অথবা ট্রাই-ব্রোমো অ্যানিলিন উৎপন্ন করে।

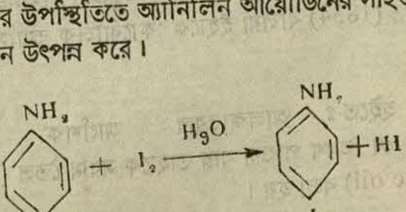


2:4:6 ট্রাই ক্লোরো অ্যানিলিন



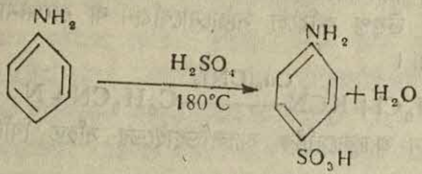
2 : 4 : 6 ট্রাই ব্রোমো অ্যানিলিন

(j) HgO-এর উপস্থিতিতে অ্যানিলিন আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্যারা-আয়োডো অ্যানিলিন উৎপন্ন করে।



প্যারা আয়োডো অ্যানিলিন

(k) অ্যানিলিন ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত 180°C উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া প্যারা অ্যামাইনো বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড বা সালফানিলিক অ্যাসিড গঠন করে।

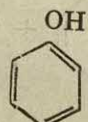


সালফানিলিক অ্যাসিড

(l) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যানিলিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন উৎপন্ন করে। নাইট্রো যৌগ উৎপন্ন করে না।

প্রকৃতপক্ষে জারক পদার্থের প্রকৃতির উপর অ্যানিলিনের জারণ নির্ভর করে। যেমন, H_2SO_4 অ্যাসিড মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ অ্যানিলিনের সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যানিলিন রঙ (aniline dye) উৎপন্ন করে।

ব্যবহার : বিভিন্ন রঙ প্রস্তুতিতে, ঔষধ প্রস্তুতিতে (যেমন সালফাড্রাগস), অ্যাসিট-অ্যানিলাইড, সালফানিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে, রবার শিল্পে দ্রাবক হিসাবে অ্যানিলিন ব্যবহৃত হয়।

ফেনল বা কার্বলিক অ্যাসিড, 

12.22 সূচনা

বেঞ্জিন বলয়ে OH মূলক প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত থাকিলে 'ফেনল শ্রেণীর' যৌগ পাওয়া যায়।

বেঞ্জিন অণুর একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু ও —OH মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে পারে। একটি —OH মূলক যুক্ত থাকিলে মনোহাইড্রিক ফেনল, দুইটি —OH মূলক যুক্ত থাকিলে ডাই হাইড্রিক ফেনল এবং এবং তিনটি —OH মূলক যুক্ত থাকিলে ট্রাই-হাইড্রিক ফেনল বলে। মনো হাইড্রিক ফেনল (C_6H_5OH) 'ফেনল' নামে পরিচিত। আলকাতরা হইতে আবিষ্কৃত (1834) বলিয়া ইহাকে 'কার্বোলিক অ্যাসিড'ও বলা হয়।

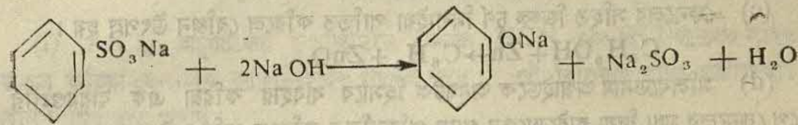
12.23 প্রস্তুতি

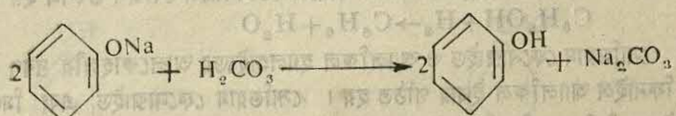
(a) আলকাতরা হইতে : আলকাতরার আংশিক পাতনের ফলে 170°C-230°C উষ্ণতায় যে অংশ পাওয়া যায় তাহাকে মধ্যম তৈল (middle oil) বা কার্বলিক তৈল (Carbolic oil) বলা হয়।

এই অংশে সাধারণত 'ফেনল শ্রেণীর' যৌগগুলি এবং ন্যাফথালিন থাকে। মধ্যম তৈলকে শীতল করিলে ন্যাফথালিন কেলাসাকারে পৃথক হইয়া যায়। ফিলটার প্রেসের সাহায্যে ন্যাফথালিনকে পৃথক করিয়া এই অংশে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ

যোগ করা হয়। ফেনল শ্রেণীর যৌগগুলি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া ফেনোক্সাইড বা ফিনেট গঠন করে। এই ক্ষারীয় দ্রবণকে পৃথক করিয়া ইহার মধ্যে বায়ু প্রবাহিত করা হয়। ইহার ফলে অবশিষ্ট ন্যাফথালিন এবং পিরিডিন দূরীভূত হয়। ন্যাফথালিন এবং পিরিডিনকে পৃথক করার পর দ্রবণটিকে শীতল করিয়া উহার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালনা করা হয়। ইহার ফলে ফেনোক্সাইড যৌগগুলি ফেনলশ্রেণীর যৌগে পরিণত হইয়া দুইটি স্তরের সৃষ্টি করে। জলীয় স্তরকে অপসারিত করিয়া ফেনল সমন্বিত তৈলাক্ত স্তরকে লইয়া আংশিক পাতন করিলে 182°C উষ্ণতায় যে-পাতিত অংশ পাওয়া যায় তাহাতে প্রায় বিশুদ্ধ ফেনল থাকে। ইহাকে শীতল করিলে কেলাসাকার বর্ণহীন ফেনল উৎপন্ন হয়।

(b) বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিগলিত করিলে (350°C) সোডিয়াম ফিনেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম ফিনেটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত চাপে CO_2 অথবা SO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে ফেনল পৃথক হয়।





(c) ক্লোরোবেঞ্জিন হইতে—(i) **ডাউ পদ্ধতি** (Dow process) : 350°C উষ্ণতায় এবং উচ্চ চাপে ক্লোরোবেঞ্জিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম ফিনেট উৎপন্ন করে। উৎপন্ন সোডিয়াম ফিনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগে পাতিত করিলে ফেনল পাওয়া যায়। উৎপন্ন ফেনলকে পুনঃপাতিত করিয়া বিশুদ্ধ ফেনল প্রস্তুত করা হয়।

$$C_6H_5Cl + 2NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + NaCl + H_2O$$

$$C_6H_5ONa + HCl \rightarrow C_6H_5OH + NaCl$$

(ii) **র‍্যাসিক-এর সংশ্লেষণ পদ্ধতি** (Rasching synthetic process) : সিলিকন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতিতে 425°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প এবং ক্লোরোবেঞ্জিন বাষ্প পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া ফেনল গঠন করে

$$C_6H_5Cl + H_2O \xrightarrow[425°C]{SiO_2} C_6H_5OH + HCl$$

(d) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে : বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে ফেনল উৎপন্ন হয়। স্টীম পাতনের সাহায্যে ফেনলকে পৃথক করা হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + H_2O \xrightarrow{\Delta} C_6H_5OH + N_2 + HCl$$

(e) 800°C উষ্ণতায় অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেঞ্জিন বাষ্প ও বায়ু পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া ফেনল গঠন করে $2C_6H_6+O_2 \rightarrow 2C_6H_5OH$

12.24 ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ ইহা বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ, গলনাঙ্ক 43°C, স্ফুটনাঙ্ক 182°C। সূর্যালোকের উপস্থিতিতে বায়ুতে রাখিলে গোলাপী বর্ণ ধারণ করে। শীতল জলে পরিমিত পরিমাণে দ্রবণীয়। ইথার এবং অ্যালকোহলে দ্রাব্যতা খুব বেশি।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (a) ফেনলের জলীয় দ্রবণে অথবা অ্যালকোহলীয় দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড যোগ করিলে দ্রবণের রঙ বেগুনী হয়। ইহা ফেনলের একটি পরিচায়ক পরীক্ষা।

(b) ফেনল দুর্বল অ্যাসিডের ন্যায় ব্যবহার করে। তীব্র ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ফেনোক্সাইড গঠন করে।

$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$$

(c) ফেনলের সহিত জিঙ্ক চূর্ণ মিশাইয়া পাতিত করিলে বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5OH + Zn \rightarrow C_6H_6 + ZnO$$

(d) মলিবডেনাম অক্সাইডকে অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ফেনলের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালিত করিলে বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5OH + H_2 \rightarrow C_6H_6 + H_2O$$

(e) সোডিয়াম ফেনোক্সাইড ও অ্যালকিল হ্যালহাইডের আলকোহলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে ফিনাইল অ্যালকিল ইথার গঠিত হয়। সোডিয়াম ফেনোক্সাইড এবং মিথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় ফিনাইল মিথাইল ইথার উৎপন্ন হয়

$$C_6H_5ONa + ICH_3 \rightarrow C_6H_5OCH_3 + NaI$$

(f) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড এবং অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ফেনলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফিনাইল অ্যাসিটেট গঠন করে। অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড সাধারণ তাপমাত্রায় এবং অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করে

$$C_6H_5OH + ClCOCH_3 \rightarrow C_6H_5OCOCH_3 + HCl$$

(g) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ফেনলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সামান্য ক্লোরো-বেঞ্জিন উৎপন্ন করে। প্রধান বিক্রিয়াজাত পদার্থ হইল ট্রাই-ফিনাইল ফসফেট।

$$C_6H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_6H_5Cl + POCl_3 + HCl$$

$$3C_6H_5OH + POCl_3 \rightarrow (C_6H_5)_3PO_4 + HCl$$

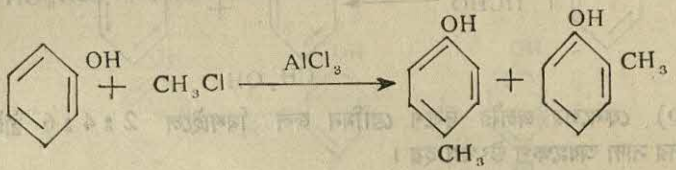
(h) অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে উচ্চ চাপে অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত ফেনলকে উত্তপ্ত করিলে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5OH + NH_3 \xrightarrow[\Delta]{ZnCl_2} C_6H_5NH_2 + H_2O$$

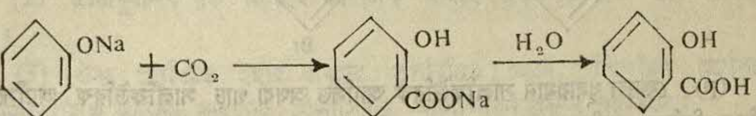
(i) Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে 160°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেনল সাইক্লোহেক্সানল উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5OH + 3H_2 \rightarrow C_6H_{11}OH$$

(j) ফেনল ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। উৎপন্ন পদার্থের মধ্যে প্যারা আইসোমারের প্রাধান্য থাকে।

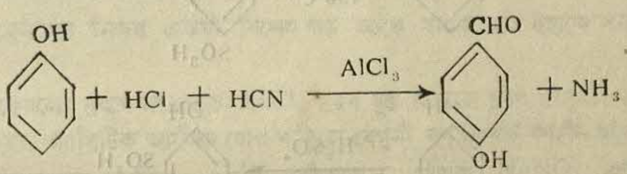


(k) সোডিয়াম ফেনোক্সাইড অথবা পটাসিয়াম ফেনোক্সাইড উত্তপ্ত CO_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেনলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



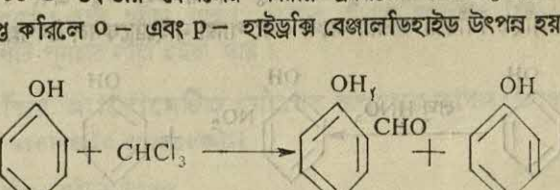
সোডিয়াম স্যালিসাইলেট স্যালিসাইলিক অ্যাসিড

(l) $AlCl_3$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে ফেনল HCN এবং HCl গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেনলিক অ্যালডিহাইড উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় প্যারা আইসোমার প্রধান বিক্রিয়াজাত পদার্থ।



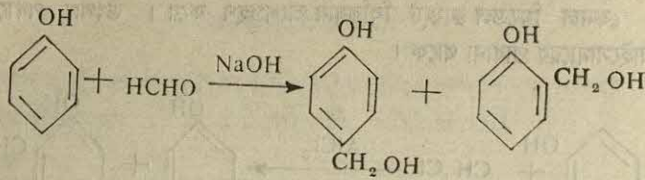
এই বিক্রিয়ার নাম **গ্যাটারমান বিক্রিয়া**।

(m) 60°C উষ্ণতায় ফেনলের ক্ষারীয় দ্রবণকে $CHCl_3$-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে o – এবং p – হাইড্রক্সি বেঞ্জালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

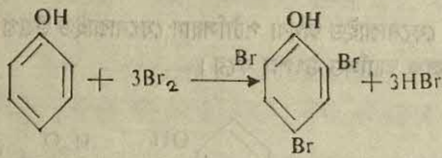


এই বিক্রিয়ায় নাম **রাইমার টিম্যান বিক্রিয়া**।

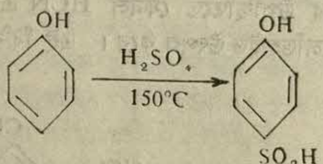
(n) লঘু অ্যাসিড অথবা ক্ষারের উপস্থিতিতে নিম্ন তাপমাত্রায় ফেনল ফর্ম্যালডিহাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া p-হাইড্রক্সি বেঞ্জিল অ্যালকোহল (80%) এবং o-হাইড্রক্সি বেঞ্জিল অ্যালকোহল (20%) উৎপন্ন করে।

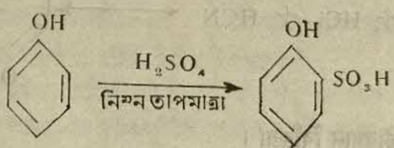


(o) ফেনলের জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন জল মিশাইলে 2 : 4 : 6 ট্রাইব্রোমো ফেনলের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

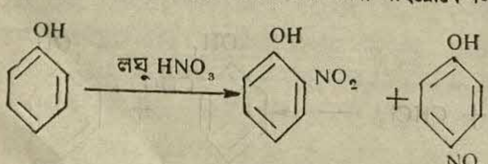


(p) ফেনল ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেনল সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। নিম্ন তাপমাত্রায় প্রধানত অর্থ যৌগ এবং উচ্চ তাপমাত্রায় প্যারা যৌগ উৎপন্ন হয়।





(q) স্বাভাবিক তাপমাত্রায় লঘু HNO_3 অথবা HNO_3 এবং H_2SO_4-এর মিশ্রণ ফেনলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অর্থো এবং প্যারা নাইট্রোফেনল উৎপন্ন করে।

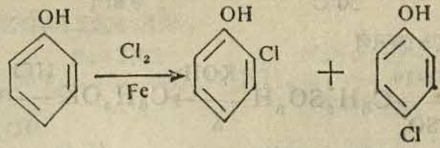


অর্থো নাইট্রো ফেনল   প্যারা নাইট্রো ফেনল

(r) ফেনলের ক্ষারীয় দ্রবণে বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড যুক্ত করিলে হলুদ বর্ণের একটি রঙীন পদার্থ উৎপন্ন হয়। ইহাকে অ্যাজো রঞ্জক পদার্থ বলা হয় এবং বিক্রিয়াটিকে অ্যাজো বিক্রিয়া বা কাপলিং বলে।

$$C_6H_5OH + C_6H_5N_2Cl \rightarrow C_6H_5ON_2C_6H_5 \text{ (রঞ্জক পদার্থ)}$$

(s) হ্যালোজেন বাহকের উপস্থিতিতে ফেনল Cl_2, Br_2 ইত্যাদির সহিত বিক্রিয়া করিয়া অর্থো এবং প্যারা হ্যালো যৌগ উৎপন্ন করে।



12.25 ফেনলের ব্যবহার

(1) ব্যাকেলাইট এবং অন্যান্য প্লাস্টিক শিল্পে ফেনলের প্রচুর ব্যবহার আছে।

(2) জীবাণুনাশক দ্রব্য হিসাবে কার্বলিক সাবান এবং লোশনে উহা ব্যবহৃত হয়।

(3) ঔষধ প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার সুপরিচিত; যেমন, পিকরিক অ্যাসিড, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড, স্যালোল, ফেনাসিটিন, অ্যাসপিরিন প্রভৃতি প্রস্তুতিতে।

(4) রঙ প্রস্তুতিতে—যেমন, ফেনলথ্যালিন, অ্যাজো রঞ্জক পদার্থ প্রস্তুতিতে।

(5) দ্রাবক প্রস্তুতিতে—যেমন, সাইক্লোহেক্সানল (রবারের দ্রাবক) প্রস্তুতিতে।

(6) কাষ্ঠ সংরক্ষণে পেন্টাক্লোরো-ফেনল ফেনল হইতে প্রস্তুত করা হয়।

12.26 ফেনলের পরিচায়ক পরীক্ষা

(1) ফেনলের নিজস্ব একটি বিশেষ গন্ধ আছে যাহার দ্বারা ইহাকে সনাক্ত করা যায়।

(2) ফেনলের দ্রবণে সদ্যপ্রস্তুত $FeCl_3$ দ্রবণ যুক্ত করিলে দ্রবণ বেগুনী বর্ণ ধারণ করে। ইহাতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড যোগ করিলে বেগুনী বর্ণ দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়।

(3) লিবারম্যান বিক্রিয়া—একটি পরীক্ষানলে সামান্য $NaNO_2$ এবং গাঢ় H_2SO_4 লইয়া উত্তপ্ত করিয়া দুই-এক ফোঁটা ফেনল যোগ করিলে দ্রবণ প্রথমে লাল ও পরে নীলবর্ণ ধারণ করে। অন্য একটি বীকারে জল লইয়া এই দ্রবণ যোগ করিলে নীল দ্রবণ পুনরায় লাল হইয়া যায়। ইহাতে আবার অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণটি পুনরায় নীল হইয়া যায়।

12.27 বিভিন্ন অ্যারোমেটিক যৌগের রূপান্তর সাধন (Inter conversion of aromatic componds)

1. বেঞ্জিন হইতে টলুইন

$$C_6H_6 + CH_3I \xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}} C_6H_5CH_3$$

2. বেঞ্জিন হইতে নাইট্রোবেঞ্জিন

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow[50^\circ]{H_2SO_4} C_6H_5NO_2$$

3. বেঞ্জিন হইতে অ্যানিলিন

$$C_6H_6+HNO_3\xrightarrow[50°C]{H_2SO_4}C_6H_5NO_2\xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Sn+HCl}C_6H_5NH_2$$

4. বেঞ্জিন হইতে ফেনল

$$C_6H_6\xrightarrow[H_2SO_4]{\text{ধূমায়মান}}C_6H_5SO_3H\xrightarrow[\Delta]{KOH}C_6H_5OK\xrightarrow{HCl}C_6H_5OH$$

5. বেঞ্জিন হইতে বেঞ্জাইল ক্লোরাইড

$$C_6H_6+CH_3I\xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}}C_6H_5CH_3\xrightarrow[\Delta]{Cl_2}C_6H_5CH_2Cl$$

6. বেঞ্জিন হইতে বেঞ্জাইল অ্যালকোহল

$$C_6H_6+CH_3I\xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}}C_6H_5CH_3\xrightarrow[\Delta]{Cl_2}C_6H_5CH_2Cl\xrightarrow[\Delta]{NaOH\ \text{দ্রবণ}}C_6H_5CH_2OH$$

7. বেঞ্জিন হইতে বেঞ্জালডিহাইড

$$C_6H_6+CH_3I\xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}}C_6H_5CH_3\xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Cl_2}C_6H_5CHCl_2$$

$$\xrightarrow[\Delta]{NaOH\ \text{দ্রবণ}}C_6H_5CH(OH)_2\longrightarrow C_6H_5CHO$$

8. বেঞ্জিন হইতে বেঞ্জায়িক অ্যাসিড

$$C_6H_6+CH_3I\xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}}C_6H_5CH_3\xrightarrow[\Delta]{Cl_2}C_6H_5CCl_3$$

$$\xrightarrow[\Delta]{NaOH\ \text{দ্রবণ}}C_6H_5C(OH)_3\rightarrow C_6H_5COONa\xrightarrow{HCl}C_6H_5COOH$$

9. বেঞ্জিন হইতে বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড

$$C_6H_6\xrightarrow[H_2SO_4]{\text{ধূমায়মান}}C_6H_5SO_3H$$

10. বেঞ্জিন হইতে অ্যাসিটোফেনোন

$$C_6H_6+CH_3COCl\xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}}C_6H_5COCH_3$$

11. বেঞ্জিন হইতে আয়োডো বেঞ্জিন

$$C_6H_6+I_2\xrightarrow{HIO_3/HNO_3}C_6H_5I$$

12. বেঞ্জাইল ক্লোরাইড হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5CH_2Cl\xrightarrow[KMnO_4+H^+]{[O]}C_6H_5COOH\xrightarrow[\Delta]{\text{অতিরিক্ত}\ NaOH}C_6H_6$$

13. টলুইন হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow[KMnO_4+H^+]{[O]} C_6H_5COOH \xrightarrow[\Delta]{\text{অতিরিক্ত } NaOH} C_6H_6$$

14. নাইট্রোবেঞ্জিন হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\Delta]{Sn+HCl} C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0^\circ C \text{ উষ্ণতা}]{NaNO_2+HCl} C_6H_5N_2Cl$$

$$\xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} C_6H_6$$

15. ফেনল হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5OH \xrightarrow[\Delta]{Zn \text{ চূর্ণ}} C_6H_6$$

16. বেঞ্জাইল অ্যালকোহল হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5CH_2OH \xrightarrow[KMnO_4+H^+]{[O]} C_6H_5COOH \xrightarrow[\Delta]{\text{অতিরিক্ত } NaOH} C_6H_6$$

17. বেঞ্জালডিহাইড হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5CHO \xrightarrow[KMnO_4+H^+]{[O]} C_6H_5COOH \xrightarrow[\Delta]{\text{অতিরিক্ত } NaOH} C_6H_6$$

18. বেঞ্জায়িক অ্যাসিড হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5COOH \xrightarrow[\text{সোডালাইম}+\Delta]{Na\text{-লবণ}} C_6H_6$$

19. বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড হইতে বেঞ্জিন

$$C_6H_5SO_3H \xrightarrow[\Delta]{\text{কঠিন } NaOH} C_6H_5ONa \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } HCl} C_6H_5OH \xrightarrow[\Delta]{Zn \text{ চূর্ণ}} C_6H_6$$

20. টলুইন হইতে নাইট্রোবেঞ্জিন

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow[SeO_2\ \Delta]{[O]} C_6H_5COOH \xrightarrow[\Delta]{NaOH} C_6H_6 \xrightarrow[50^\circ C]{HNO_3+H_2SO_4} C_6H_5NO_2$$

21. টলুইন হইতে অ্যানিলিন

$$C_6H_5CH_3 \rightarrow C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5NO_2$$

$$\xrightarrow[\Delta]{Sn+HCl} C_6H_5NH_2$$

22. টলুইন হইতে ফেনল

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{[O]} C_6H_5COOH \xrightarrow[\Delta]{NaOH} C_6H_6 \xrightarrow{\text{ঘন } H_2SO_4} C_6H_5SO_3H$$

$$\xrightarrow[\Delta]{NaOH} C_6H_5ONa \xrightarrow{HCl} C_6H_5OH$$

23. নাইট্রোবেঞ্জিন হইতে টলুইন

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[Sn+HCl]{[H]} C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+HCl} C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH}$$

$$C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3I} C_6H_5CH_3$$

24. অ্যানিলিন হইতে টলুইন

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+HCl} C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} C_6H_6 \xrightarrow[AlCl_3]{CH_3I} C_6H_5CH_3$$

25. ফেনল হইতে টলুইন

$$C_6H_5OH \xrightarrow[\Delta]{Zn \text{ চূর্ণ}} C_6H_6 \xrightarrow[AlCl_3]{CH_3I} C_6H_5CH_3$$

26. নাইট্রোবেঞ্জিন হইতে অ্যানিলিন

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\Delta]{Sn+HCl} C_6H_5NH_2$$

27. নাইট্রোবেঞ্জিন হইতে ফেনল

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\Delta]{Sn+HCl} C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+HCl} C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[\Delta]{H_2O} C_6H_5OH$$

28. অ্যানিলিন হইতে নাইট্রোবেঞ্জিন

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+HCl} C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} C_6H_6 \xrightarrow[50°C]{HNO_3+H_2SO_4} C_6H_5NO_2$$

29. ফেনল হইতে নাইট্রোবেঞ্জিন

$$C_6H_5OH \xrightarrow[\Delta]{Zn \text{ চূর্ণ}} C_6H_6 \xrightarrow[\Delta]{HNO_3+H_2SO_4} C_6H_5NO_2$$

30. ফেনল হইতে অ্যানিলিন

$$C_6H_5OH + NH_3 \xrightarrow[\text{চাপ } 360°C]{\text{অনার্দ্র } ZnCl_2} C_6H_5NH_2$$

31. অ্যানিলিন হইতে বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড

$$C_6H_5NH_2 \rightarrow C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[CuCN]{KCN \text{ দ্রবণ}} C_6H_5CN \xrightarrow[H_2O]{H^+} C_6H_5COOH$$

32. বেঞ্জায়িক অ্যাসিড হইতে অ্যানিলিন

$$C_6H_5COOH \xrightarrow[\Delta]{(NH_4)_2CO_3} C_6H_5COONH_4 \xrightarrow{\Delta} C_6H_5CONH_2$$

$$\xrightarrow[\text{হফম্যান বিক্রিয়া}]{Br_2+KOH} C_6H_5NH_2$$

33. ক্লোরোবেঞ্জিন হইতে অ্যানিলিন

$$C_6H_5Cl + 2NH_3 \xrightarrow[\text{উচ্চ চাপ } 200°C]{Cu_2O} C_6H_5NH_2$$

34. অ্যানিলিন হইতে ক্লোরোবেঞ্জিন

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+HCl} C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[\text{স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া}]{CuCl+HCl} C_6H_5Cl$$

35. ক্লোরোবেঞ্জিন হইতে ফেনল

$$C_6H_5Cl \xrightarrow[\text{উচ্চচাপ } 300°C]{NaOH \text{ দ্রবণ}} C_6H_5OH$$

36. ফেনল হইতে ক্লোরোবেঞ্জিন

$$C_6H_5OH \xrightarrow[\Delta]{Zn \text{ চূর্ণ}} C_6H_6 \xrightarrow[Fe]{Cl_2} C_6H_5Cl$$

37. অ্যালফেটিক যৌগ হইতে অ্যারোমেটিক যৌগ

(i) $$3C_2H_2 \xrightarrow[600°]{Cu \text{ অথবা } Fe} C_6H_6$$

(ii) $$3CH_3COCH_3 \xrightarrow[\text{পাতন}]{80\%H_2SO_4} C_6H_3(CH_3)_3$$ ট্রাইমিথাইল বেঞ্জিন

38. অ্যারোমেটিক যৌগ হইতে অ্যালিফেটিক যৌগ

(i) $$C_6H_6 + 3O_3 \longrightarrow C_6H_6O_9 \xrightarrow{3H_2O} \begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix} \text{ (গ্লাইঅক্সাল)}$$

(ii) $$C_6H_6 + 6H \xrightarrow[200°C]{Ni} C_6H_{12} \xrightarrow{[O]} C_6H_{10}O$$
সাইক্লোহেক্সেন

$$\xrightarrow{[O]} (CH_2)_4(COOH)_2$$

39. ফেনল হইতে বেঞ্জালডিহাইড

$$C_6H_5OH + CHCl_3 \xrightarrow[60°C]{NaOH} C_6H_4(OH)CHO\ (o-, p-)$$

$$\xrightarrow[\Delta]{Zn \text{ চূর্ণ}} C_6H_5CHO$$

সার-সংক্ষেপ

বেঞ্জিন এবং বেঞ্জিনসঞ্জাত যৌগগুলিকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হয়। বেঞ্জিনের আণবিক সঙ্কেত C_6H_6 এবং ইহার গঠন সঙ্কেত সুষম ষড়ভুজাকার। ষড়ভুজের এক একটি শীর্ষবিন্দুতে কার্বন পরমাণুগুলি অবস্থান করে। প্রত্যেক কার্বন পরমাণু একটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একবন্ধনে এবং পার্শ্ববর্তী অপর দুইটি কার্বন পরমাণুর সহিত যথাক্রমে এক বন্ধন এবং দ্বিবন্ধনের সাহায্যে যুক্ত।

বেঞ্জিন বলয়ে উপস্থিত এক বা ততোধিক হাইড্রোজেন পরমাণু (–OH), (–CHO), (–COOH) ইত্যাদি মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে বিভিন্ন শ্রেণীর অ্যারোমেটিক যৌগ উৎপন্ন হয়। একাধিক বেঞ্জিন বলয় ঘনীভূত হইয়া ন্যাপথালিন, অ্যানথ্রাসিন যৌগ উৎপন্ন করে।

অ্যারোমেটিক যৌগের শ্রেণীবিভাগ: অ্যালিফেটিক যৌগসমূহের ন্যায় অ্যারোমেটিক যৌগগুলির মধ্যেও হাইড্রোকার্বন হাইড্রক্সি যৌগ, ইথার, অ্যালডিহাইড, কিটোন, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, অ্যামিন ইত্যাদি সমগণীয় শ্রেণী বর্তমান। অ্যারোমেটিক হাইড্রক্সি যৌগগুলির মধ্যে যে-সব যৌগ বেঞ্জিন বলয়ে সংযুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন হইয়াছে তাহাদের ফেনল শ্রেণীর যৌগ বলা হয়। ফেনল শ্রেণীর যৌগের ধর্ম অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল হইতে বহুলাংশে পৃথক। বেঞ্জিন বলয়ের পার্শ্বশৃঙ্খলে হাইড্রক্সিমূলক সংযুক্ত থাকিলে প্রাপ্ত যৌগগুলিকে অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল বলা হয়।

অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্ট্য: (1) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যারোমেটিক যৌগগুলি সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। (2) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন এবং উহাদের সঞ্জাত যৌগগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া সংশ্লিষ্ট নাইট্রো-যৌগ গঠন করে। উৎপন্ন নাইট্রো-যৌগকে বিজারিত করিলে অ্যারোমেটিক অ্যামিন পাওয়া যায়। (3) অনুঘটকের উপস্থিতি এবং অন্যান্য অবস্থার উপর নির্ভর করিয়া ক্লোরিন অ্যারোমেটিক যৌগের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষেত্রবিশেষে যুত বিক্রিয়া এবং ক্ষেত্রবিশেষে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে। (4) ফেনল শ্রেণীর যৌগগুলি অ্যাসিডধর্মী। (5) অ্যারোমেটিক বলয়ে সংযুক্ত পার্শ্বশৃঙ্খল সহজেই সম্পূর্ণ জারিত হইয়া কার্বক্সিলিক মূলকে পরিণত হয়। (6) বেঞ্জিনের মনোহ্যালোজেন জাতকগুলি অ্যালকিল হ্যালাইডের তুলনায় অধিকতর সুস্থিত। (৭) তীব্র বিকারক ব্যতীত অধিকাংশ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন বলয় গঠন অক্ষুণ্ণ থাকে। (8) অ্যালিফেটিক যৌগের অনুরূপ সমাবয়বতা ব্যতীত বেঞ্জিন বলয়ে আপেক্ষিক অবস্থান হেতু এক বিশেষ ধরনের সমাবয়বতা পরিলক্ষিত হয়।

বেঞ্জিন জাতকের অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা: বেঞ্জিন বলয়ে দুইটি একইরূপ অথবা ভিন্নরূপ প্রতিস্থাপক সংযুক্ত থাকিলে উহাদের আপেক্ষিক অবস্থানের

ভিন্নতার জন্য তিন প্রকার অবস্থান সমাবয়বী উৎপন্ন হয়, যথা অর্থো-সমাবয়বী বা o-সমাবয়বী, মেটা-সমাবয়বী বা m-সমাবয়বী, প্যারা-সমাবয়বী বা p-সমাবয়বী। প্রতিস্থাপক দুইটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকিলে o-সমাবয়বী একান্তর কার্বনের সহিত যুক্ত থাকিলে m-সমাবয়বী এবং দুইটি বিপরীত কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকিলে p-সমাবয়বী বলা হয়।

আলকাতরার পাতন ঃ আলকাতরা হইতে বেঞ্জিন, টলুইন, ফেনল ইত্যাদি বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ অ্যারোমেটিক যৌগ নিষ্কাশিত করা হয়। এই উদ্দেশ্যে আলকাতরাকে আংশিক পাতন করা হয়।

আলকাতরার আংশিক পাতন উদ্ভূত বিভিন্ন অংশ :

(1) লঘু তৈল (170°C), (2) মধ্যম তৈল (170°-230°C), (3) ভারী তৈল (230°-270°C), (4) অ্যানথ্রাসিন তৈল (270°-360°C), (5) পিচ।

বেঞ্জিনের প্রস্তুতি ঃ (a) লঘু তৈলের সহিত বিভিন্ন বিকারক যোগ করিয়া আংশিক পাতন করিলে প্রথম যে-অংশ পাওয়া যায় তাহার নাম '90-এর বেঞ্জল'। 90-এর বেঞ্জলকে পুনরায় আংশিক পাতন করিয়া সামান্য টলুইনযুক্ত যথেষ্ট পরিশুদ্ধ বেঞ্জিন পাওয়া যায়।

(b) $3C_2H_2 \xrightarrow[\text{Cu/Fe}]{600°C} C_6H_6$

(c) $C_6H_5COONa + NaOH \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} Na_2CO_3 + C_6H_6$

(d) $C_6H_5OH + Zn \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_6 + ZnO$

বেঞ্জিনের ধর্ম ঃ (a) জল অপেক্ষা লঘু, বর্ণহীন, বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল। জলে অদ্রাব্য। পেট্রল এবং ইথাইল অ্যালকোহলে দ্রাব্য, উত্তম দ্রাবক।

(b) (i) $C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{I_2/Fe} C_6H_5Cl \rightarrow C_6H_4Cl_2 \rightarrow C_6H_3Cl_3$ ইত্যাদি

$C_6H_6 + I_2 \xrightarrow{HIO_3/HNO_3} C_6H_5I + HI$

(ii) $C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow[50°-60°C]{\text{সূর্যালোক}} C_6H_6Cl_2 \rightarrow C_6H_6Cl_4 \rightarrow C_6H_6Cl_6$

$C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{\text{সূর্যালোক}} C_6H_6Br_2 + C_6H_6Br_4 + C_6H_6Br_6$

(iii) $C_6H_6 \xrightarrow{HNO_3 + H_2SO_4} C_6H_5NO_2$

$C_6H_6 \xrightarrow[HNO_3]{\text{ধূমায়মান}} m-C_6H_4(NO_2)_2$

(iv) $C_6H_6 \xrightarrow{\text{ঘন } H_2SO_4} C_6H_5SO_3H + H_2O$

$C_6H_6 \xrightarrow{\text{ধূমায়মান}} C_6H_4(SO_3H)_2\ (o^-, p^-) + H_2O$

(v) ফ্রিডেল ক্রাফ্‌টের বিক্রিয়া

$C_6H_6 + RX \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} C_6H_5R + HX$

$C_6H_6 + C_2H_4 \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} C_6H_5C_2H_5$

$C_6H_6 + CH_3OH \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} C_6H_5CH_3$

$C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} C_6H_5COCH_3$

(vi) ওজোনাইড গঠন

$C_6H_6 + 3O_3 \rightarrow C_6H_6(O_3)_3 \xrightarrow{H_2O} CHO\text{-}CHO + H_2O$

(vii) বিজারণ

$C_6H_6 + 3H_2 \xrightarrow[200^\circ C]{Ni} C_6H_{12}$

(viii) ডাইফিনাইল গঠন

$2C_6H_6 \xrightarrow[\text{Fe এবং ঝামাপাথর}]{600^\circ C} C_6H_5 - C_6H_5 + H_2$

ব্যবহার : (a) দ্রাবক হিসাবে, (b) জ্বালানি হিসাবে, (c) উচ্চতর সমগণীয় হাইড্রোকার্বন প্রস্তুতিতে এবং (d) বস্ত্রাদি ধৌতকরণে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন ও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের পার্থক্য : বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার দুই শ্রেণীর যৌগের মধ্যে উল্লেখযোগ্য পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়।

টলুইনের প্রস্তুতি : ভুর্ৎস ফিটিক বিক্রিয়া

$C_6H_5Br + 2Na + ICH_3 \xrightarrow[\text{ইথার}]{} C_6H_5CH_3 + NaI + NaBr$

(b) ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়া

$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3 + HCl$

(c) $C_6H_4(CH_3)COOH\ (o-, m-, p-) \xrightarrow[\text{পাতন}]{NaOH} C_6H_5CH_3$

(d) $C_6H_4(CH_3)OH\ (o-, m-, p-) \xrightarrow[\text{পাতন}]{Zn} C_6H_5CH_3$

(e) গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে :

$C_6H_5MgBr + CH_3I \rightarrow C_6H_5CH_3 + MgBrI$

টলুইনের ধর্ম ঃ (a) বর্ণহীন বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল। জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল এবং ইথারে দ্রবণীয় :

(b) (i) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[250° - 340°C]{SeO_2} C_6H_5COOH$

(ii) $C_6H_5CH_3 + Cl_2 \xrightarrow[\text{শীতল অবস্থা}]{Fe} C_6H_4(CH_3)Cl$ (o –, m –, p –)

(iii) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[\text{ফুটন্ত অবস্থা}]{Cl_2} C_6H_5CH_2Cl \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5CHCl_2 \rightarrow C_6H_5CCl_3$

(iv) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[60° - 70C°]{HNO_3 + H_2SO_4} C_6H_4CH_3(NO_2)$(o –, p –)

$\rightarrow C_6H_2CH_3(NO_2)_3$

(v) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{ঘন } H_2SO_4} C_6H_4(CH_3)SO_3H$ (o –, p –)

(vi) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[AlCl_3 \text{ (অনার্দ্র)}]{CH_3Cl} C_6H_4(CH_3)_2$ (o –, p –)

(vii) $C_6H_5CH_3 + 3H_2 \xrightarrow[180°C]{Ni} C_6H_{11}(CH_3)$

টলুইন নিউক্লিয়াসের সহিত যুক্ত ক্লোরো যৌগ এবং পার্শ্বশৃঙ্খলের সহিত যুক্ত ক্লোরো যৌগের রাসায়নিক প্রকৃতি এক নহে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রের যৌগগুলি অ্যালকিল হ্যালাইডের ন্যায় আচরণ করে।

টলুইনের ব্যবহার ঃ (1) T.N.T., (2) ঔষধ, (3) রঙীন দ্রব্য, (4) ছাপার কালি প্রস্তুতিতে এবং (5) উত্তম দ্রাবক হিসাবে টলুইনের বহুল ব্যবহার আছে।

নাইট্রো-বেঞ্জিনের প্রস্তুতি ঃ

(a) রসায়নাগার পদ্ধতি—

(a) $C_6H_6 \xrightarrow[50°C]{HNO_3 + H_2SO_4} C_6H_5NO_2$

(b) $C_6H_6 + CH_3COONO_2 \rightarrow C_6H_5NO_2 + CH_3COOH$

নাইট্রো-বেঞ্জিনের ধর্ম ঃ (a) মিষ্টি গন্ধযুক্ত, হরিদ্রাভ, জলে অদ্রাব্য তৈলাক্ত তরল। অ্যালকোহল ইথার এবং বেঞ্জিনে দ্রাব্য। জল অপেক্ষা ভারি।

(i) $C_6H_5NO_2 + HNO_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{H_2SO_4} C_6H_4(NO_2)_2(m-) + H_2O$

(ii) $C_6H_5NO_2 + X_2 \xrightarrow{Fe} C_6H_4(NO_2)X(m-)$

(iii) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{ধূমায়মান } H_2SO_4} C_6H_4(NO_2)SO_3H(m-)$

(iv) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{কঠিন KOH}} C_6H_4(NO_2)OH(o-, p-)$

(v) নাইট্রো-বেঞ্জিনের বিজারণ—

(a) তীব্র অ্যাসিড মাধ্যম

$C_6H_5NO_2 + 6H \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O$

(b) প্রশম মাধ্যম

$C_6H_5NO_2 + 4H \rightarrow C_6H_5NHOH + H_2O$

(c) ক্ষারীয় মাধ্যম

$$2C_6H_5NO_2 \longrightarrow \begin{matrix} C_6H_5N\rightarrow O \\ \| \\ C_6H_5N \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} C_6H_5N \\ \| \\ C_6H_5N \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} C_6H_5NH \\ | \\ C_6H_5NH \end{matrix}$$

(d) তীব্র অ্যাসিড মাধ্যম + তড়িৎ-প্রবাহ

$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\text{তড়িৎ-প্রবাহ}]{\text{তীব্র অ্যাসিড মাধ্যম}} C_6H_4(NH_2)OH(p-)$

(vi) $C_6H_5NO_2 + 6H \xrightarrow{\text{Pt অথবা রেনে নিকেল}} C_6H_5NH_2$

$C_6H_5NO_2 + 4H_2 \xrightarrow[CaCO_3 + Pd]{\text{Pt অথবা রেনে নিকেল}} C_6H_5N{=}NC_6N_5$

নাইট্রো-বেঞ্জিনের ব্যবহার ঃ (1) বুট পালিশের গন্ধদ্রব্য হিসাবে, (2) নাইট্রো-ফেনল প্রস্তুতিতে, (3) অ্যানিলিন প্রস্তুতিতে, (4) দ্রাবক হিসাবে।

নাইট্রো-বেঞ্জিনের পরিচায়ক পরীক্ষা

নাইট্রো-বেঞ্জিন + $NH_4Cl + C_2H_5OH + Zn$ ডাস্ট —উত্তপ্ত ও পরিস্রাবণ করিয়া টলেন বিকারককে যোগ করিলে ধূসর বা কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

অ্যানিলিনের প্রস্তুতি ঃ

(a) রসায়নাগার পদ্ধতি

$C_6H_5NO_2 + 6H \xrightarrow{Sn + HCl} C_6H_5NH_2$

(b) $2C_6H_5Cl + 2NH_3 + Cu_2O \xrightarrow{200°C} 2C_6H_5NH_2 + Cu_2Cl_2 + H_2O$

(c) $C_6H_5NO_2 + 2Fe + 4HCl \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_5NH_2 + 2H_2O + 2FeCl_2$

(d) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow[{[H]}]{Ni} C_6H_5NH_2$

(e) $C_6H_5CONH_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Br_2 + KOH} C_6H_5NH_2$

অ্যানিলিনের ধর্ম : (a) বর্ণহীন বিশ্রীগন্ধযুক্ত বিষাক্ত তরল। জলে সামান্য দ্রাব্য।

(b) (i) ইহা মৃদু ক্ষার।

$$C_6H_5NH_2 + HCl \longrightarrow C_6H_5NH_2\text{-}HCl$$

(ii) $C_6H_5NH_2 + HOCl \longrightarrow C_6H_5NHCl + H_2O$

(iii) $2C_6H_5NH_2 + 2K \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} [C_6H_5NH]^-K^+ + H_2$

(iv) $C_6H_5NH_2 + CH_3I \longrightarrow C_6H_5NH(CH_3)HI$

$$\longrightarrow C_6H_5N(CH_3)_2HI \longrightarrow [C_6H_5N(CH_3)_3]^+I^-$$

(v) $C_6H_5NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}} C_6H_5NC + 3KCl + 3H_2O$

(vi) $C_6H_5NH_2 + ClCOCH_3 \xrightarrow{\text{ক্ষার}} C_6H_5NHCOCH_3 + HCl$

$$C_6H_5NH_2 + HOOCCH_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{ক্ষার}} C_6H_5NHCOCH_3 + H_2O$$

$$C_6H_5NH_2 + (CH_3CO)_2O \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{ক্ষার}} C_6H_5NHCOCH_3 + CH_3COOH$$

(vii) $C_6H_5NH_2HCl + HNO_2 \xrightarrow{NaNO_2 + HCl} C_6H_5N_2Cl$

$$C_6H_5NH_2HSO_4 + HNO_2 \rightarrow C_6H_5N_2HSO_4$$

অ্যানিলিনের পরিচায়ক পরীক্ষা :

$C_6H_5N_2Cl$ + ক্ষারকীয় বিটা ন্যাফথল → ঘন লাল বর্ণ

অ্যানিলিনের ব্যবহার : (1) রঙ্ প্রস্তুতিতে, (2) ঔষধ প্রস্তুতিতে, (3) অ্যাসিটামাইড, (4) সালফানিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে, (5) রবার শিল্পে দ্রাবক হিসাবে।

ফেনলের প্রস্তুতি :

(a) আলকাতরার 'মধ্যম তৈল' হইতে

(b) $C_6H_5SO_3Na + NaOH \xrightarrow{350°C} C_6H_5ONa \xrightarrow[\text{চাপ}]{CO_2 + H_2O} C_6H_5OH$

(c) (i) $C_6H_5Cl + NaOH \xrightarrow[\text{উচ্চ চাপ}]{350°C} C_6H_5ONa \xrightarrow[\text{পাতন}]{HCl} C_6H_5OH$

(ii) $C_6H_5Cl + H_2O \xrightarrow[425°C]{SiO_2} C_6H_5OH$

(d) $C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{H_2O} C_6H_5OH$

(e) $2C_6H_6+O_2 \xrightarrow[\text{অনুঘটক}]{800°C} 2C_6H_5OH$

ফেনলের ধর্ম : (a) বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। শীতল জলে পরিমিত পরিমাণে দ্রাব্য। ইথার এবং অ্যালকোহলে দ্রাব্যতা খুব বেশি।

(b) (i) C_6H_5OH-এর জলীয় দ্রবণ বা অ্যালকোহলীয় দ্রবণ $+FeCl_3$ দ্রবণ$\rightarrow$বেগুনি রঙের দ্রবণ।

(ii) $C_6H_5OH+NaOH \longrightarrow C_6H_5ONa+H_2O$

(iii) $C_6H_5OH+Zn \xrightarrow{\text{পাতন}} C_6H_6+ZnO$

(iv) $C_6H_5OH+H_2 \xrightarrow[\text{এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}]{MoO} C_6H_6+H_2O$

(v) $C_6H_5ONa+ICH_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_5OCH_3+NaI$

(vi) $C_6H_5OH+ClCOCH_3 \xrightarrow[\text{তাপমাত্রা}]{\text{সাধারণ}} C_6H_5OCOCH_3+HCl$

$C_6H_5OH+(CH_3CO)_2O \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_5OCOCH_3+CH_3COOH$

(vii) $C_6H_5OH+PCl_5 \longrightarrow C_6H_5Cl+POCl_3+HCl$

$3C_6H_5OH+POCl_3 \longrightarrow (C_6H_5)_3PO_4+HCl$

(viii) $C_6H_5OH+NH_3 \xrightarrow[\text{উচ্চ চাপ+উত্তাপ}]{ZnCl_2\text{ (অনার্দ্র)}} C_6H_5NH_2+H_2O$

(ix) $C_6H_5OH+3H_2 \xrightarrow[160°C]{Ni} C_6H_{11}OH$

(x) $C_6H_5OH+CH_3Cl \xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}} C_6H_4(OH)CH_3$ (o– এবং p–)

(xi) $C_6H_5ONa+CO_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_4(OH)COONa \xrightarrow{H_2O}$
$C_6H_4(OH)COOH$

(xii) $C_6H_5OH+HCl+HCN \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_4(OH)CHO$ (p–)

(xiii) $C_6H_5OH+CHCl_3 \xrightarrow[60°C]{\text{ক্ষারীয় দ্রবণ}} C_6H_4(OH)CHO$ (o–, p–)

(xiv) $C_6H_5OH+HCHO \xrightarrow[\text{অথবা ক্ষার}]{\text{লঘু অ্যাসিড}} C_6H_4(OH)CH_2OH$ (o–, p–)

(xv) $C_6H_5OH+3Br_2 \xrightarrow{\text{নিম্ন তাপমাত্রা}} C_6H_2(OH)Br_3$

(xvi) $C_6H_5OH \xrightarrow[150°C]{H_2SO_4} C_6H_4(OH)SO_3H$ (p−)

$C_6H_5OH \xrightarrow[\text{নিম্ন তাপমাত্রা}]{H_2SO_4} C_6H_4(OH)(SO_3H)$ (o−)

(xvii) $C_6H_5OH \xrightarrow[\text{সাধারণ তাপমাত্রা}]{H_2SO_4+HNO_3} C_6H_2(NO_2)OH$ (o−, p−)

(xviii) $C_6H_5OH + C_6H_5N_2Cl \xrightarrow{\text{ক্ষার}} C_6H_5ON_2C_6H_5$

(xix) $C_6H_5OH + X_2 \xrightarrow{Fe} C_6H_4(X)OH$ (o−, p−)

ফেনলের ব্যবহার ঃ (i) প্লাস্টিক প্রস্তুতিতে, (ii) জীবাণুনাশক হিসাবে, (iii) জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে, (iv) রঞ্জক পদার্থ প্রস্তুতিতে, (v) ঔষধ প্রস্তুতিতে।

ফেনলের পরিচায়ক পরীক্ষা ঃ (i) ফেনলের দ্রবণে সদ্যপ্রস্তুত $FeCl_3$ দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণটি বেগুনি বর্ণ ধারণ করে। ইহাতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড যোগ করিলে দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়। (ii) লিবার ম্যান পরীক্ষা।

অ্যারোমেটিক যৌগের যৌগান্তর।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. অ্যারোমেটিক যৌগ বা সুরভিকেন্দ্রিক যৌগ বলিতে কি বুঝ? [Tripura, 1982, '85] অ্যারোম্যাটিক যৌগগুলিকে যে-কয়টি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে তাহাদের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও।

2. অ্যালিফেটিক এবং অ্যারোমেটিক যৌগের মধ্যে তুলনামূলক আলোচনা লিখ অথবা অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্ট্যগুলি আলোচনা কর।

3. সমাবয়বতা কাহাকে বলে? বেঞ্জিনের ক্ষেত্রে তিন রকম অবস্থান সমাবয়বী বর্তমান। কি শর্তে এই প্রকার সমাবয়বতা সৃষ্টি হইতে পারে? অর্থো, মেটা, প্যারা অবস্থান বলিতে কি বুঝ? o−, m−, p− ডাইনাইট্রো-বেঞ্জিনের সঙ্কেত লিখ। [Tripura, 1982]।

4. আলকাতরা কি? আলকাতরার আংশিক পাতনের ফলে প্রাপ্ত বিভিন্ন অংশের উপাদান-যৌগগুলির নামসহ অংশগুলির নাম কর। পিচ কি? উহার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

5. লঘু তৈল হইতে কিভাবে বেঞ্জিন নিষ্কাশিত হয় তাহা সবিস্তারে বর্ণনা

কর [Tripura, 1983]। কিভাবে ফেনল হইতে বেঞ্জিন, বেঞ্জিন হইতে টলুইন এবং টলুইন হইতে বেঞ্জিন প্রস্তুত করিবে ? [H. S. 1980]

6. আলকাতরার আংশিক পাতনের ফলে প্রাপ্ত দ্বিতীয়, তৃতীয় এবং চতুর্থ অংশ হইতে প্রধান উপাদান যৌগগুলি কিভাবে পৃথক্ করা হয় ?

7. বেঞ্জিন প্রস্তুতির কয়েকটি রাসায়নিক পদ্ধতি উল্লেখ কর। ইহাদের মধ্যে কোন্ পদ্ধতিকে রসায়নাগারে ব্যবহার করা যাইবে ? [Tripura, 1981] ইহার ভৌত ও বিভিন্ন রাসায়নিক ধর্ম লইয়া আলোচনা কর। বেঞ্জিনের প্রধান প্রধান ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ইথিলিনের সঙ্গে বেঞ্জিনের পার্থক্য কি ? [Tripura, 1981] বেঞ্জিনের গঠনসঙ্কেত লিখ। [Tripura, 1983]

8. প্যারাফিন এবং অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের মধ্যে পার্থক্য সবিস্তারে আলোচনা কর।

9. আলকাতরা হইতে টলুইন কিভাবে নিষ্কাশিত হয় ? টলুইনের রসায়নাগার প্রস্তুতপদ্ধতি বর্ণনা কর। উহার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। বেঞ্জিন হইতে টলুইন এবং টলুইন হইতে বেঞ্জিন কিভাবে প্রস্তুত করিবে ? [Tripura, 1982]

10. টলুইন প্রস্তুতির প্রধান প্রধান রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি উল্লেখ কর। ইহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। $C_6H_5CCl_3$-কে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে কি ঘটিবে ?

11. রসায়নাগারে নাইট্রো-বেঞ্জিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? উহার কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার উল্লেখ কর। প্রশম দ্রবণে ইহাকে বিজারিত করিলে কি উৎপন্ন হয় ? [H. S. 1978, Tripura, 1978, '80, '82] টিন ও ঘন HCl-এর সহিত নাইট্রো-বেঞ্জিন কিভাবে বিক্রিয়া করে ? [Tripura, 1982]

12. নাইট্রো-বেঞ্জিন প্রস্তুতির বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি লিপিবদ্ধ কর। ইহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

13. বিভিন্ন মাধ্যমে এবং অবস্থায় নাইট্রো-বেঞ্জিনের বিজারণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। [J. E. 1978]

14. রসায়নাগারে নাইট্রো-বেঞ্জিন হইতে কিভাবে অ্যানিলিন প্রস্তুত করিবে ? [H. S. 1980, '83, '84, '86, Tripura, '86, '81] উহার ভৌত ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

অ্যানিলিনকে কিভাবে সনাক্ত করা হয় ?

15. অ্যানিলিনের প্রধান রাসায়নিক ধর্মগুলি সংক্ষেপে আলোচনা কর। [Tripura, 1981] ইহা কিভাবে ব্রোমিন জল এবং অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সহিত বিক্রিয়া করে ? [H. S. 1983]

16. বিভিন্ন পদ্ধতিতে অ্যানিলিন প্রস্তুতির রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সবিস্তারে আলোচনা কর। $NaNO_2$ এবং HCl-এর সহিত, $CHCl_3$ এবং KOH-এর সহিত এবং CH_3COOH-এর সহিত ইহার বিক্রিয়া বর্ণনা কর। [H. S. 1980]

17. আলকাতরা হইতে কিভাবে ফেনল প্রস্তুত করা হয় ? [Tripura, 1982] ফেনলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ফেনল ও কস্টিক সোডার মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে ? [Tripura, 1982]

18. বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কিভাবে ফেনল প্রস্তুত করা সম্ভব ?

19. তোমাকে বলা হইল যে, রসায়নাগারে ফেনল প্রস্তুত করিতে হইবে। তুমি কিভাবে প্রস্তুত করিবে ? তোমার নির্বাচিত পদ্ধতি সংক্ষেপে বিবৃত কর। ফেনলের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর। ফেনল হইতে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড এবং বেঞ্জিন কিভাবে পাওয়া যায় ? ফেনলের একটি পরিচায়ক পরীক্ষার উল্লেখ কর।

[Tripura, 1985]

20. টীকা লিখ :

(a) অর্থো, মেটা, প্যারা, অবস্থান [H. S. 1981], (b) লঘু তৈল, (c) মধ্যম তৈল, (d) ভারী তৈল, (e) সবুজ তৈল বা অ্যানথ্রাসিন তৈল, (f) পিচ, (g) দ্রাবক ন্যাপথা, (h) 90-এর বেঞ্জল, (i) নাইট্রেশন বিক্রিয়া, (k) সালফোনেশন বিক্রিয়া, (l) হ্যালোজিনেশন বিক্রিয়া, (m) ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট বিক্রিয়া [H. S. 1978, '80, Tripura, 1978, '82, '84], (n) ভুর্ৎসফিটিক্ বিক্রিয়া [H. S. 1980, '84, '86, Tripura, 1982], (o) স্টীমপাতন প্রক্রিয়া, (p) ডায়াজোটাইজেশন বিক্রিয়া [H. S. 1979, '81, Tripura, 1979, '85, '80], (q) স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া [H. S. 1978, Tripura, 1978, '80], (r) ডাউ ফেনল সংশ্লেষণ পদ্ধতি, (s) র‍্যাসিক ফেনল সংশ্লেষণ পদ্ধতি, (t) গ্যাটারম্যান বিক্রিয়া, (u) রাইমারটিম্যান বিক্রিয়া, (v) অ্যাজো বিক্রিয়া বা কাপলিং বিক্রিয়া, (w) লিবারম্যান বিক্রিয়া, (x) টলুইনের ক্লোরিনেশন [Tripura, '85, H. S. '81, '86]।

21. (a) নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলি সত্যি কিনা বল :

(i) বেঞ্জিন অণুতে পার্শ্ববর্তী C–C বন্ধনীর মধ্যস্থিত কোণের মান 120°, (ii) বেঞ্জিন অণুতে অবস্থিত সকল কার্বন পরমাণু সমতলীয়, কিন্তু হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি অসমতলীয়, (iii) বেঞ্জিন অণুতে দ্বিবন্ধন বর্তমান, সুতরাং ইহাতে অসম্পৃক্ত যৌগের সকল ধর্ম বর্তমান।

(b) বেঞ্জিন হইতে কিভাবে টলুইন এবং অ্যানিলিন প্রস্তুত করিবে ? টলুইন হইতে কিভাবে বেঞ্জিন প্রস্তুত করিবে ? [H. S. 1979, Tripura 1979, '85]

22. (i) বেঞ্জিন হইতে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত করিবে ? (শর্ত উল্লেখ করিয়া সমীকরণ দাও) :

(a) টলুইন, (b) বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, (c) অ্যানিলিন, (d) ফেনল, (e) বেঞ্জিল ক্লোরাইড।

(ii) নাইট্রো-বেঞ্জিন এবং অ্যানিলিনের মধ্যে পার্থক্যনির্দেশক একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর। [H. S. 1982]

23. (a) C_7H_8 আণবিক সঙ্কেতযুক্ত একটি জৈব যৌগ 'A'-কে সূর্যালোকের

উপস্থিতিতে ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করিলে অপর একটি যৌগ B পাওয়া যায়। 'B'-এর আণবিক সঙ্কেত $C_7H_5Cl_3$। 'B'-কে অতিরিক্ত চাপে চুনজল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে একটি যৌগ 'C' পাওয়া যায় যাহার আণবিক সঙ্কেত $C_7H_6O_2$। 'A'-কে $K_2Cr_2O_7$ এবং H_2SO_4-এর সাহায্যে জারিত করিলেও 'C' পাওয়া যায়। 'A', 'B' এবং 'C'-কে সনাক্ত কর।

(b) 'A'-কে কিভাবে সংশ্লেষণ করিবে?

(c) 'A'-র মধ্য দিয়া Fe-এর উপস্থিতিতে Cl_2 গ্যাস চালনা করিলে কি ঘটিবে বল। [H. S. 1983]

24. বেঞ্জিন ও টলুইনের স্বতন্ত্রীকরণের একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর। বেঞ্জিন বলয়ে কিভাবে $-COOH$, $-NH_2$ এবং $-OH$ মূলক প্রবিষ্ট করিবে? বেঞ্জিন ও ফেনলের মিশ্রণ হইতে উহাদিগকে কিভাবে পৃথক করিবে? [H. S. 1984]

25. (a) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে ক্লোরো-বেঞ্জিন কিভাবে প্রস্তুত করিবে?

(b) বেঞ্জিন বলয়ে কিভাবে $-NH_2$, $-COOH$ এবং I মূলক প্রবিষ্ট করিবে?

(c) নিম্নলিখিত যৌগগুলিকে সনাক্ত কর:

$$C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3COCl} A \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} B$$

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn+HCl} C \xrightarrow[+HCl]{NaNO_2} E$$

[H. S. 1985]

26. (a) কি ঘটিবে বল:

(i) অ্যানিলিনের মধ্যে অতিরিক্ত পরিমাণ Br_2-এর জলীয় দ্রবণ মিশানো হইল। (ii) বেঞ্জিনের সহিত ঘন H_2SO_4-কে কয়েক ঘন্টা ধরিয়া ফুটানো হইল।

(b) C_2H_5OH এবং C_6H_5OH-এর স্বতন্ত্রীকরণের একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর।

(c) নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে অ্যানিলিন হইতে তৈয়ারী করিবে:

(i) টলুইন, (ii) নাইট্রো-বেঞ্জিন, (iii) বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, (iv) ফেনল।

(d) নিম্নলিখিত যৌগগুলিকে সনাক্ত কর:

$$C_6H_5OH \xrightarrow[\text{পাতন}]{Zn \text{ চূর্ণ}} A \xrightarrow[60°C]{\text{ঘন } HNO_3/\text{ঘন } H_2SO_4} B \xrightarrow{Sn+HCl} C \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CHCl_3+KOH} D$$

[H. S. 1986]

27. (a) মেটা-ডাইনাইট্রো বেঞ্জিনের গঠনসঙ্কেত লিখ। [Tripura, 1985]

(b) (i) প্যারা-নাইট্রো অ্যানিলিন এবং মিথক্সি মিথেনের গঠনসঙ্কেত লিখ।

(ii) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি হইতে A, B, C-কে সনাক্ত কর :

$$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}} A \xrightarrow[KMnO_4 + H^+]{[O]} B \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{সোডা লাইম}} C$$

(iii) অ্যানিলিন হইতে কিভাবে বেঞ্জিন, ফেনল এবং ক্লোরোবেঞ্জিন প্রস্তুত করিবে ? [Tripura, 1986]

28. একটি অ্যারোম্যাটিক যৌগে C – 77·42%, H – 7·53%, N – 15 05% বর্তমান আছে। যৌগটির বাষ্পঘনত্ব 46·5। যৌগটির আণবিকসঙ্কেত নির্ণয় কর। যৌগটি HCl-এর সহিত লবণ উৎপন্ন করে এবং শীতল HNO_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। যৌগটিকে সনাক্ত কর। [J. E. 1984]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. A, B, C, D এবং E যৌগগুলিকে সনাক্ত কর :

$$C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3COCl} A \xrightarrow{\text{জারণ}} B \xrightarrow{NH_3} C \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} D \xrightarrow{Br_2 + KOH} E$$

[J. E. 1985]

2. প্রত্যেকটি নাইট্রো-টলুইনের গঠনসঙ্কেত লিখিয়া উহাদের নামকরণ কর। [J. E. 1985]

3. ফেনলের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী নহে কেন ? [J. E. 1986]

4. একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা অ্যানিলিন এবং মিথাইল অ্যামিনের পার্থক্য দেখাও। [J. E. 1986]

5. বেঞ্জিন অণুতে তিনটি দ্বিবন্ধনের উপস্থিতি কেমন করিয়া প্রমাণ করিবে ? [J. E. 1986]

6. বেঞ্জিনের দ্বিবন্ধন এবং ইথিলিনের দ্বিবন্ধনের মধ্যে পার্থক্য কিভাবে প্রমাণ করিবে ? [J. E. 1986]

7. অ্যানিলিন এবং নাইট্রো-বেঞ্জিনের মিশ্রণ হইতে উভয়কে কিভাবে পৃথক করিবে ? [J. E. 1982, 1984]

8. X এবং Y যৌগকে সনাক্ত কর :

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn + HCl} X \xrightarrow{CHCl_3 + \text{অ্যালকোহলীয় } KOH} Y$$ [J. E. 1983]

9. বেঞ্জিন বলয়ে (i) –I এবং (ii) –COOH মূলক কিভাবে প্রবিষ্ট করিবে ? [J. E. 1982]

10. কিভাবে নাইট্রো-বেঞ্জিন হইতে ফেনল প্রস্তুত করিবে ? [J. E. 1982]

11. কি ঘটিবে বল :

(i) বরফশীতল অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের HCl দ্রবণের সহিত বরফ-

শীতল KNO_2 দ্রবণ যোগ করা হইল। (*ii*) অ্যাসিটামাইডের সহিত ব্রোমিন জল এবং KOH দ্রবণ যোগ করা হইল। [J. E. 1982]

12. কিভাবে বেঞ্জিনকে ফেনলে রূপান্তরিত করিবে? [J. E. 1981]

13. $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn+HCl} A \xrightarrow[+\text{অ্যালকোহল}]{CHCl_3+\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} B$

A এবং B-এর নাম কি? $C_6H_5NO_2$ হইতে A পাইতে হইলে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার শর্ত কি? [J. E. 1980]

14. বেঞ্জিন হইতে কিভাবে ক্লোরো-বেঞ্জিন, নাইট্রো-বেঞ্জিন এবং টলুইন প্রস্তুত করিবে? [J. E. 1978]

15. C_6H_6 হইতে C_6H_5OH এবং C_6H_5OH হইতে বেঞ্জিন কিভাবে প্রস্তুত করিবে? কিভাবে অ্যানিলিন হইতে ফেনল প্রস্তুত করা যায়? [Tripura, 1983]

16. বেঞ্জিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে প্রস্তুত করিবে:

(a) টলুইন, (b) অ্যানিলিন, (c) বেনজয়িক অ্যাসিড, (d) বেঞ্জাইল ক্লোরাইড। [Tripura, 1984]

17. নাইট্রো-বেঞ্জিন এবং অ্যানিলিনের মধ্যে কিভাবে পার্থক্য করিবে? [Tripura, 1984]

18. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে উৎপন্ন পদার্থগুলিকে সনাক্ত কর:

(i) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3Cl} A \xrightarrow[\text{জারণ}]{[O]} B \xrightarrow{(NH_4)_2CO_3} C \xrightarrow{\Delta} D \xrightarrow{Br_2+KOH} E$

(ii) $C_6H_6 \xrightarrow[AlCl_3]{CH_3Cl} A \xrightarrow[\text{জারণ}]{[O]} B \xrightarrow{Na_2CO_3} C \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডা লাইম}} D$

(iii) $C_6H_6 \xrightarrow{HNO_3+H_2SO_4} A \xrightarrow[\Delta]{Sn+HCl} B \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+HCl} C \xrightarrow[\Delta]{H_2O} D$

(iv) $C_6H_6 \xrightarrow{\text{ঘন } H_2SO_4} A \xrightarrow[\Delta]{NaOH} B \xrightarrow{HCl} C \xrightarrow[\Delta]{Zn\text{ চূর্ণ}} D$

(v) $C_6H_6 \xrightarrow[Fe]{Cl_2} A \xrightarrow[200°C]{NH_3+Cu_2O} B \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+HCl} C \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} D$

(vi) $C_6H_6 \xrightarrow{3O_3} A \xrightarrow{H_2O} B$

(vii) $C_6H_6+CH_3Cl \xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}} A \xrightarrow{\text{জারণ}} B \xrightarrow[\Delta]{NaOH} C$

(viii) $C_6H_6+CH_3OH \xrightarrow[\text{অনার্দ্র}]{AlCl_3} A \xrightarrow[Fe]{Cl_2} B+C$

(ix) $C_6H_6 + CH_3OH \xrightarrow[\text{অনার্দ্র}]{AlCl_3} A \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Cl_2} B + C + D$

(x) $C_6H_6 \xrightarrow{HNO_3 + H_2SO_4} A \xrightarrow[\text{প্রশম মাধ্যম}]{[H]} B$

$A \xrightarrow[{[H]}]{\text{অ্যাসিড মাধ্যম}} C$

$A \xrightarrow[{[H]}]{\text{ক্ষারীয় মাধ্যম}} D$

(xi) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[Fe]{Cl_2} A \xrightarrow[Cu_2O]{NH_3} B \xrightarrow[\Delta]{CH_3COOH} C$

(xii) $C_6H_5CH_2Cl \xrightarrow[\Delta]{NaOH} A$

$C_6H_5CHCl_2 \xrightarrow[\Delta]{NaOH} B$

$C_6H_5CCl_3 \xrightarrow[\Delta]{NaOH} C$

(xiii) $C_6H_5CONH_2 \xrightarrow{Br_2 + KOH} A \xrightarrow[0°C]{NaNO_2 + HCl} B \xrightarrow[HCl]{CuCl} C$

(xiv) $C_6H_5COOH \xrightarrow[\Delta]{(NH_4)_2CO_3} A \xrightarrow{\Delta} B \xrightarrow{Br_2 + KOH} C$

$\xrightarrow[0°C]{NaNO_2 + HCl} D \xrightarrow[KCN]{CuCN} E \xrightarrow{H_2O} F$

(xv) $C_6H_6OH + NH_3 \xrightarrow[\Delta]{ZnCl_2} A \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{CHCl_3 + KOH} B$

(xvi) $C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{AlCl_3} A \xrightarrow{NH_2OH} B$

(xvii) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn + HCl} A \xrightarrow{CH_3COCl} B$

(xviii) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow{[O]} A \xrightarrow{PCl_5} B \xrightarrow{NH_3} C \xrightarrow{Br + KOH} D$

(xix) $C_6H_6 \xrightarrow{\text{ঘন } H_2SO_4} A \xrightarrow[\Delta]{NaOH} B \xrightarrow{HCl} C \xrightarrow{Br_2 \text{ জল}} D$

(xx) $C_6H_5OH \xrightarrow[\Delta]{Zn \text{ চূর্ণ}} A \xrightarrow{HNO_3 + H_2SO_4} B \xrightarrow{Sn + HCl} C \xrightarrow[\Delta]{CHCl_3 + KOH} D$

19. কোন্ কোন্ জৈব বিক্রিয়ায় নিম্নলিখিত পদার্থগুলি ব্যবহৃত হয় :

(a) $AlCl_3$ (b) Na (c) H_2SO_4 (d) KCN (e) Zn (f) Fe (g) $NaNO_2$ (h) Ni (i) NaOH-এর জলীয় দ্রবণ (j) NaOH-এর অ্যালকোহলীয় দ্রবণ (k) সোডা লাইম।

20. একটি জৈব যৌগের আণবিক সঙ্কেত C_6H_6O। ইহা $CHCl_3$ এবং NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $C_7H_6O_2$ আণবিক সঙ্কেতযুক্ত দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে। এই যৌগ দুইটিকে Zn চূর্ণ দ্বারা পাতিত করিলে একই যৌগ পাওয়া যায়। প্রথম যৌগটিকে সনাক্ত কর।

21. $C_7H_5O_2Na$ আণবিক সঙ্কেতবিশিষ্ট একটি যৌগকে সোডা লাইমসহ উত্তপ্ত করিলে CH স্থূল সঙ্কেতবিশিষ্ট একটি যৌগ পাওয়া যায়। ফেনলকে Zn-চূর্ণসহ উত্তপ্ত করিলে ঐ একই যৌগ পাওয়া যায়। প্রথম যৌগটিকে সনাক্ত কর।

22. একটি অ্যারোমেটিক যৌগ 'A'-এর আণবিক সঙ্কেত C_7H_8। A-কে জারিত করিলে একটি অ্যাসিড যৌগ 'B' পাওয়া যায়। 'B'-কে সোডা লাইমসহ উত্তপ্ত করিলে একটি যৌগ 'C' পাওয়া যায়। 'C'-কে ফ্রিডেল ক্রাফ্ট বিক্রিয়ার সাহায্যে 'A'-তে রূপান্তরিত করা যায়। A-কে সনাক্ত কর।

23. একটি জৈব যৌগ A(C_6H_6O) অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে CH_3Cl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি যৌগের দুইটি সমাবয়ব (B এবং C) গঠন করে। B অথবা C-কে জারিত করিয়া সোডা লাইমসহ উত্তপ্ত করিলে A উৎপন্ন হয়। A লিবারম্যান বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়। A-কে সনাক্ত কর।

24. একটি জৈব যৌগ A (C_7H_6O)-কে বিজারিত করিলে প্রাইমারি অ্যালকোহল 'B' উৎপন্ন হয়। A-কে জারিত করিলে একটি অ্যাসিড C উৎপন্ন হয়। C-এর অ্যামোনিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করিয়া যে অ্যামাইড যৌগ উৎপন্ন হয় তাহা হফম্যান বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিয়া অ্যানিলিন উৎপন্ন করে। A যৌগটির নাম কি ?

25. A এবং B দুইটি জৈব যৌগ। ইহারা উভয়েই NaOH এবং $CHCl_3$-এর সহিত বিক্রিয়া করে। A-কে Zn চূর্ণসহ পাতিত করিলে যে-যৌগ পাওয়া যায় B-কে $NaNO_2$, H_2SO_4 এবং C_2H_5OH সহ উত্তপ্ত করিলে সেই যৌগ C পাওয়া যায়। C ফ্রিডেল ক্রাফ্ট বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিয়া একটি যৌগ D উৎপন্ন করে। D-এর সঙ্কেত C_7H_8। A এবং B-কে সনাক্ত কর।

26. একটি জৈব যৌগের (A) স্থূল সঙ্কেত CH এবং বাষ্পঘনত্ব 39। আলোর অনুপস্থিতিতে A, Br_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি যৌগ B উৎপন্ন করে। B, ইথার মাধ্যমে CH_3Br-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া C(C_7H_8) উৎপন্ন করে। C-কে জারিত করিলে একটি একক্ষারকীয় অ্যাসিড D পাওয়া যায়। D-এর সোডিয়াম লবণকে সোডা লাইমসহ পাতিত করিলে প্রাথমিক যৌগ A উৎপন্ন হয়। সকল যৌগগুলিকে সনাক্ত কর।

27. একটি অ্যারোমেটিক যৌগ A-এর আণবিক সঙ্কেত C_7H_8। উত্তপ্ত অবস্থায় যৌগটির মধ্য দিয়া Cl_2 প্রবাহিত করিলে তিনটি ক্লোরো যৌগ B, C, D উৎপন্ন করে। ক্লোরো-যৌগগুলিকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে যথাক্রমে বেঞ্জাইল অ্যালকোহল, বেঞ্জালডিহাইড এবং বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। A-কে সনাক্ত কর।

28. একটি অ্যারোমেটিক যৌগ A (C_7H_8) হইতে বিভিন্ন শর্তে তিনটি সমাবয়বী মনোক্লোরো যৌগ (B, C, D) উৎপন্ন করা সম্ভব। যৌগ B-কে জারিত করিলে একটি একক্ষারকীয় অ্যাসিড (E) পাওয়া যায়। E-এর সোডিয়াম লবণকে সোডা লাইমসহ উত্তপ্ত করিলে বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। প্রত্যেকটি যৌগকে সনাক্ত কর।

29. একটি অ্যারোমেটিক যৌগ A-এর আণবিক সঙ্কেত $C_7H_6Cl_2$। A-এর আণবিক ওজন 161। যৌগটির কি কি গঠনসঙ্কেত হইতে পারে? কোন্ বিক্রিয়ার দ্বারা যৌগগুলির তফাৎ বুঝা যাইবে?

30. একটি অ্যারোমেটিক জৈব যৌগ A-এর স্থূল সঙ্কেত C_5H_4। যৌগটি কি হইতে পারে?

31. একটি অ্যারোমেটিক জৈব-যৌগ A-এর স্থূল সঙ্কেত C_7H_8O এবং বাষ্পঘনত্ব 54। A মনো-অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করিতে পারে। যৌগটির সম্ভাব্য গঠনসঙ্কেত কি কি হইতে পারে? কোন্ বিক্রিয়ার দ্বারা যৌগগুলির পার্থক্য বুঝা যাইবে?

32. একটি অ্যারোমেটিক যৌগ A (C_7H_6O)-কে জারিত করিলে একটি অ্যাসিড B উৎপন্ন হয়। B-এর সোডিয়াম লবণকে সোডা লাইমসহ উত্তপ্ত করিলে বেঞ্জিন পাওয়া যায়। A-কে সনাক্ত কর।

33. একটি অ্যারোমেটিক যৌগের স্থূল সঙ্কেত C_7H_9N। উহার আণবিক ওজন 107। যৌগটির সম্ভাব্য গঠনসঙ্কেত কি হইবে?

34. একটি অ্যারোমেটিক যৌগের আণবিক ওজন 123 এবং স্থূল সঙ্কেত $H_5C_6O_2N$। যৌগটিকে বিজারিত করিয়া অ্যালকোহলীয় KOH এবং $CHCl_3$-দ্বারা উত্তপ্ত করিলে বিষাক্ত গন্ধ বহির্গত হয়। যৌগটির সম্ভাব্য গঠনসঙ্কেত নির্ণয় কর।

35. একটি একক্ষারকীয় অ্যারোমেটিক অ্যাসিডকে কঠিন NaOH সহ উত্তপ্ত করিলে একটি যৌগ পাওয়া যায় যাহার আণবিক সঙ্কেত C_6H_6O। এই যৌগটিতে $FeCl_3$ দ্রবণ যোগ করিলে বেগুনি বর্ণ ধারণ করে এবং ইহাকে Zn চূর্ণসহ উত্তপ্ত করিলে বেঞ্জিনের গন্ধ পাওয়া যায়। অ্যাসিডটির সম্ভাব্য গঠন–সঙ্কেত কি হইবে?

36. একটি অ্যারোমেটিক একক্ষারকীয় অ্যাসিডের স্থূল সঙ্কেত C_4H_4O। ইহার বাষ্পঘনত্ব 68। অ্যাসিডটিকে জারিত করিলে যে-দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তাহার তিনটি সমাবয়ব বর্তমান। উল্লিখিত অ্যাসিডটির সম্ভাব্য গঠন-সঙ্কেত কি হইবে?

37. একটি যৌগ A ($O_2NC_6H_5$)-কে পাইতে হইলে B যৌগের সহিত HNO_3-এর বিক্রিয়া ঘটাইতে হইবে। A-কে বিজারিত করিলে যে-যৌগ পাওয়া যায় তাহা HNO_2-এর সহিত বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। A এবং B-কে সনাক্ত কর এবং ইহাদের সম্ভাব্য গঠনসঙ্কেত লিখ।

38. একটি অ্যারোমেটিক যৌগ A-তে C – 77·8%, H – 7·4% এবং বাকি অক্সিজেন আছে। ইহার আণবিক ওজন 108। ইহার দ্রবণে $FeCl_3$ দ্রবণ যোগ করিলে বেগুনি বর্ণ ধারণ করে। যৌগটিকে জারিত করিলে যে-যৌগ (B) উৎপন্ন হয় তাহাও $FeCl_3$-এর সহিত অনুরূপ বিক্রিয়া দেয়। B-কে সোডা লাইমসহ উত্তপ্ত করিলে C পাওয়া যায়। C-এর বিশিষ্ট গন্ধ বর্তমান। C-কে Zn চূর্ণসহ পাতিত করিলে বেঞ্জিন পাওয়া যায়। A, B এবং C-এর গঠনসঙ্কেত কি হইবে?

———

কয়েকটি জৈব রাসায়নিক শিল্প

এই অধ্যায়ে কতগুলি প্রয়োজনীয় জৈব রাসায়নিক শিল্প সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বিবরণ দেওয়া হইল। শিল্পগুলির নাম ঃ প্লাস্টিক শিল্প, সংশ্লেষিত তন্তু শিল্প, সংশ্লেষিত রবার শিল্প এবং পেণ্ট-ভার্নিস ল্যাকার শিল্প। প্রথমোক্ত তিনটি শিল্পকে একত্রিতভাবে হাইপলিমার শিল্প বলা হয় এবং চতুর্থ শিল্পটিও প্রচুর পরিমাণ হাইপলিমার ব্যবহার করে।

হাইপলিমার (Highpolymer)

হাইপলিমার বলিতে অত্যন্ত বেশি আণবিক গুরুত্বসম্পন্ন কলয়ডীয় মাপের (অর্থাৎ 10^{-4} হইতে 10^{-7} সেমি. ব্যাসযুক্ত) এমন দৈত্যকায় অণু বুঝায় যাহার গঠনের মধ্যে একটি সাংগঠনিক এককের বা মার (mer)-এর বহুসংখ্যক বার পুনরাবৃত্তি ঘটিয়াছে। হাইপলিমারের আণবিক গুরুত্ব দশ হাজার হইতে কয়েক লক্ষ, এমনকি অসীম পর্যন্ত হইতে পারে। হাইপলিমারগুলি সাধারণ যৌগের মত নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গলিত না হইয়া একটি তাপমাত্রা পরিধির (range) মধ্যে ধীরে ধীরে নমনীয় হয় এবং উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত হইলে অতি সান্দ্র (viscous) কলয়ডীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে। অবশ্য কতগুলি হাইপলিমার সম্পূর্ণ অদ্রাব্য এবং উত্তাপ প্রয়োগেও নমনীয় হয় না।

হাইপলিমারের শ্রেণীবিভাগ ঃ প্রস্তুত পদ্ধতির ভিত্তিতে হাইপলিমারগুলিকে দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয় ঃ (i) যুত বা অ্যাডিশন পলিমার (addition polymer) বা সংক্ষেপে A-পলিমার এবং (2) কন্‌ডেন্‌সেশন পলিমার (condensation polymer) বা সংক্ষেপে C-পলিমার। যে-সকল হাইপলিমার যুত বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় (যেমন পলিথিন, পলিভিনাইল ক্লোরাইড ইত্যাদি) তাহাদের A-পলিমার এবং যে-সকল হাইপলিমার কন্‌ডেন্‌সেশন বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় (যেমন টেরিলিন, বেকেলাইট বা ফেনল-ফরমাল-ডিহাইড ইত্যাদি) তাহাদের C-পলিমার বলা হয়। অবশ্য এই দুই শ্রেণীর মধ্যে কোন অনড় পার্থক্য সূচক সীমারেখা নাই। অনেক হাইপলিমার, যেমন নাইলন-6, অ্যাডিশন ও কন্‌ডেন্‌সেশন্ উভয় প্রকার বিক্রিয়ার সাহায্যেই প্রস্তুত করা যায়।

হাইপলিমারগুলিকে গাঠনিক ভিত্তিতে শ্রেণীবিভাগ করা, তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি গুরুত্বপূর্ণ। গাঠনিক ভিত্তিতে হাইপলিমারগুলিকে নিম্নলিখিত দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় ঃ (1) দীর্ঘ-শৃঙ্খল পলিমার (linear chain polymer) এবং জালিকাবদ্ধ পলিমার (cross-linked polymer)। দীর্ঘশৃঙ্খল পলিমারগুলি নির্দিষ্ট উষ্ণতা পরিধিতে নমনীয় হয়, উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত হইতে পারে এবং ইহাদের অত্যধিক হইলেও পরিমাপযোগ্য সসীম মানের আণবিক গুরুত্ব থাকে। কিন্তু জালিকাবদ্ধ পলিমারগুলির উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহারা নমনীয় না হইয়া বিয়োজিত হয়, উহারা কোন দ্রাবকেই দ্রবীভূত হয় না এবং উহাদের আণবিক গুরুত্ব অসীম।

ব্যবহারিক দিক হইতে বিবেচনা করিয়া হাইপলিমারগুলিকে আবার তিনটি বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় ঃ (1) প্লাস্টিক-জাতীয়, (2) রবার জাতীয় এবং (3) তন্তু-জাতীয়। এইবার আমরা এই তিন জাতীয় হাইপলিমার সম্পর্কে একে একে আলোচনা করিব।

প্লাস্টিক (Plastics)

'প্লাস্টিক' শব্দটিকে প্রথমে 'ইলাসটিক বা স্থিতিস্থাপক' শব্দের বিপরীত অর্থে ব্যবহার করা হইত এবং যে-সকল পদার্থের আকার চাপের প্রভাবে স্থায়িভাবে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ চাপ অপসারিত হইলে স্থিতিস্থাপক পদার্থের মত যাহারা আবার পূর্বের আকার ফিরিয়া পায় না,

তাহাদের প্লাস্টিক পদার্থ বলা হইত। যেমন, কাদামাটি, ময়দার গোলা ইত্যাদি। কিন্তু আধুনিক যুগে আমরা প্লাস্টিক বলিতে এমন উচ্চ আণবিক গুরুত্বের জৈব যৌগ বুঝি যাহাকে ছাঁচে ফেলিয়া সহজেই যান্ত্রিক বা রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে ইচ্ছামত আকারের সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন, দৃঢ় এবং অনিয়তাকার পদার্থে পরিণত করা যায়।

প্লাস্টিক ও রেজিন

প্লাস্টিক ও রেজিনকে বহুক্ষেত্রে সমার্থে ব্যবহার করা হইলেও উভয়ের মধ্যে প্রভেদ আছে। রেজিন আসলে প্লাস্টিকের বন্ধন সৃষ্টিকারী মূল উপাদান যাহা প্লাস্টিককে ছাঁচের মধ্যে নির্দিষ্ট আকার দানে ক্ষেত্রবিশেষে পলিমারাইজেশন বা কন্‌ডেনসেশন বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে।

রেজিনের শ্রেণীবিভাগ ঃ রেজিনগুলিকে সাধারণত চারিটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয় ঃ থার্মোপ্লাস্টিক বা তাপনমনীয় রেজিন, (2) থার্মোসেটিং বা তাপদৃঢ় রেজিন, (3) অয়েল মডিফায়েড বা তৈলদ্বারা রূপান্তরিত রেজিন এবং (4) প্রোটিন রেজিন। ইহাদের মধ্যে প্রথম দুই প্রকার রেজিন প্লাস্টিক শিল্পে প্রধানত ব্যবহৃত হয়। তৃতীয় শ্রেণীর রেজিন পেণ্ট ও ভার্নিস শিল্পে এবং চতুর্থ শ্রেণীর রেজিন সংশ্লেষিত আঠা শিল্পে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হইলেও প্লাস্টিক শিল্পে ইহাদের বিশেষ গুরুত্ব নাই।

থার্মোপ্লাস্টিক রেজিন অথবা উক্ত রেজিনভিত্তিক প্লাস্টিক এবং থার্মোসেটিং রেজিন অথবা উক্ত রেজিনভিত্তিক প্লাস্টিকের পার্থক্য নিম্নরূপ ঃ

থার্মোসেটিং রেজিন অথবা উক্ত রেজিনভিত্তিক প্লাস্টিক	থার্মোপ্লাস্টিক রেজিন অথবা উক্ত রেজিনভিত্তিক প্লাস্টিক
(1) ইহারা প্রধানত সমযোজী বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট ত্রিমাত্রিক জালিকাকৃতি গঠনের।	(1) ইহারা যৎসামান্য শাখা অথবা জালবন্ধনযুক্ত প্রধানত দীর্ঘশৃঙ্খল গঠনের।
(2) উত্তাপ প্রয়োগে ইহাদের গঠন বন্ধনগুলি শিথিল হয় না, অতিরিক্ত উত্তাপ প্রয়োগে পুড়িয়া যায়।	(2) উত্তাপের ফলে ইহাদের দীর্ঘশৃঙ্খল অণুগুলির মধ্যকার গৌণ বন্ধনগুলি ছিন্ন হওয়ায়, ইহারা ছাঁচের মধ্যে প্রবাহিত হইতে পারে।
(3) ছাঁচের মধ্যে পলিমারাইজেশন বা কন্‌ডেনসেশন্ বিক্রিয়ার ফলে ইহারা দৃঢ়তা পায় এবং উত্তপ্ত অবস্থাতেই ছাঁচ হইতে ইহাদের বাহির করা যায়।	(3) শীতল করিলে গৌণ বন্ধনগুলি পুনরায় প্রতিষ্ঠিত হইবার ফলে দৃঢ়তা আসে এবং তাই ইহাদের কেবলমাত্র শীতল করিবার পর ছাঁচ হইতে বাহির করা যায়।
(4) একবার একটি নির্দিষ্ট আকারে দৃঢ় হইলে পুনরায় ছাঁচে ফেলিয়া অন্য আকার দেওয়া যায় না; অর্থাৎ পুনঃ-ব্যবহারযোগ্য নয়।	(4) একটি নির্দিষ্ট আকারে দৃঢ়তাপ্রাপ্তির পর ইহাদের ছাঁচে ফেলিয়া প্রয়োজনীয় উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া পুনরায় নমনীয় করা ও ভিন্ন আকার দেওয়া যায়, অর্থাৎ পুনঃ-ব্যবহারযোগ্য।
(5) এগুলি তুলনামূলকভাবে অধিকতর দৃঢ় কাঠিন্যযুক্ত ও ভঙ্গুর।	(5) এগুলি তুলনামূলকভাবে অধিকতর নমনীয়, কম দৃঢ় ও কম ভঙ্গুর।
(6) থার্মোসেটিং রেজিনগুলি কোন দ্রাবকেই দ্রবীভূত হয় না।	(6) থার্মোপ্লাস্টিক রেজিনগুলিকে উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত করা যায়।

ছাঁচযোগ্য চূর্ণ বা মোল্ডিং পাউডার : প্লাস্টিক প্রস্তুতির মোল্ডিং পাউডারের মধ্যে রেজিন ব্যতীতও অন্যান্য উপাদান ব্যবহৃত হয়। মোল্ডিং পাউডারের উপাদানগুলি নিম্নরূপ : (1) রেজিন, অন্য উপাদানগুলিকে একত্রে আটকাইয়া রাখে; (2) প্লাস্টিসাইজার (যেমন ডাইবিউটাইল থ্যালেট ইত্যাদি) ইহাদের সাধারণত থার্মোপ্লাস্টিক রেজিনের নমনীয়তা বাড়াইবার জন্য ব্যবহার করা হয়। (3) ফিলার, প্লাস্টিকের দাম কমাইবার জন্য এবং উহাদের বিভিন্ন ভৌত ধর্ম উন্নত করার জন্য ইহাদের ব্যবহার করা হয় (যেমন কাঠের গুঁড়া, অ্যাস্‌বেস্‌টসের গুঁড়া ইত্যাদি)। (4) রং (pigment) ও রঞ্জক পদার্থ (dye) প্লাস্টিকে প্রয়োজনীয় বর্ণ উৎপন্ন করার জন্য ব্যবহৃত হয় (যেমন ফেরিক অক্সাইড, লাল রং ইত্যাদি)। (5) লুব্রিকেন্ট (যেমন স্টিয়ারেট) এবং থার্মোসেটিং রেজিনের ক্ষেত্রে। (6) অনুঘটক।

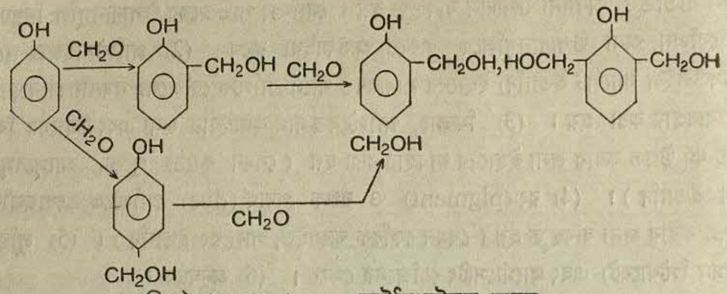
বেকেলাইট বা ফেনল ফরম্যালডিহাইড রেজিনভিত্তিক প্লাস্টিক

বেকেলাইট বা ফেনল ফরম্যালডিহাইড থার্মোসেটিং রেজিনের অন্যতম উদাহরণ। এই রেজিন দুইটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় : (1) এক পর্যায়ী পদ্ধতি ও (2) দ্বি-পর্যায়ী পদ্ধতি।

এক পর্যায়ী পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে ফেনলকে ক্ষারীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে অতিরিক্ত ফরম্যালডিহাইডের সহিত মিশাইয়া বিক্রিয়া ঘটানো হয়। ফরম্যালডিহাইডকে 40% জলীয় দ্রবণ বা 'ফরম্যালিন দ্রবণ'রূপে ব্যবহার করা হয়। সাধারণভাবে ফেনল ও ফরম্যালডিহাইডের 1 : 1·2 মোলার অনুপাতের মিশ্রণে 1% Na_2CO_3 অনুঘটক মিশ্রিত করিলে 95°C তাপমাত্রায় এক ঘণ্টা হইতে দেড় ঘণ্টার মধ্যে মোল্ডিং পাউডার প্রস্তুত করার উপযোগী রেজিন উৎপন্ন হয়। প্রথমে রেজিনটি জলে দ্রাব্য সান্দ্র সমসত্ত্ব তরল রূপ পরিগ্রহ করে। ইহাকে 'রেসল' বা A-পর্যায় রেজিন বলে। পরে রেজিনটির আণবিক গুরুত্ব আরো বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, জলের স্তর ও রেজিন স্তর পৃথক হইয়া যায় এবং জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনে দ্রাব্য এই রেজিন স্তরকে বিক্রিয়া থামাইয়া পৃথক করা হয়। এই রেজিনকে 'রেসিটল' বা B-পর্যায় রেজিন বলে। B-পর্যায় রেজিন হইতে নিম্নচাপে জল অপসারিত করিয়া শুষ্ক রেজিনের সহিত কাষ্ঠচূর্ণের মত ফিলার (filler), ফেরিক অক্সাইড বা কার্বন ব্ল্যাকের মত পিগমেণ্ট (pigment) ইত্যাদি মিশাইয়া মোল্ডিং পাউডার প্রস্তুত করা হয়। এই মোল্ডিং পাউডারকে ছাঁচের মধ্যে 270°-360°F তাপমাত্রায় এবং 2000-5000 p. s. i. (পাউণ্ড পার স্কোয়ার ইঞ্চ) চাপে কাম্য আকৃতির প্লাস্টিকে পরিণত করা হয়। এই সময়ে B-পর্যায় রেজিন সম্পূর্ণ অদ্রাব্য ও তাপে অনমনীয় জালিকাকৃতি C-পর্যায় রেজিন বা 'রেসাইটে' রূপান্তরিত হয়।

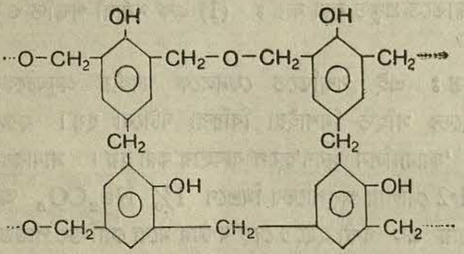
বিক্রিয়া : ফেনল ক্ষারীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে অতিরিক্ত পরিমাণ ফরম্যালডিহাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে মনোমিথাইলল, ডাইমিথাইলল (এবং ফেনল : ফরম্যালডিহাইড আণবিক অনুপাত 1 : 2 বা আরো কম হইলে ট্রাইমিথাইলল) ফেনল উৎপন্ন করে। পরিশেষে মিথাইলল মূলকের হাইড্রক্সিল অংশ অপর এক অ্যারোমেটিক নিউক্লিয়াসের অর্থো বা প্যারা অবস্থানের সক্রিয় হাইড্রোজেন অথবা মিথাইলল মূলকের হাইড্রক্সিল অংশের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জল অণু ত্যাগ করে এবং বিভিন্ন অ্যারোমেটিক নিউক্লিয়াসের মধ্যে

($-CH_2-$) বা ($-CH_2-O-CH_2-$) সেতুর মাধ্যমে সংযোগ স্থাপিত হয়। ফলে

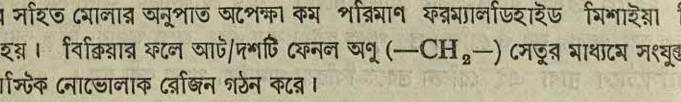


মোনোমিথাইলল ফেনল ডাইমিথাইলল ফেনল

ত্রিমাত্রিক জালিকাকার থার্মোসেটিং রেজিনের আবির্ভাব ঘটে। অসীম আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন এইরূপ C-পর্যায় রেজিনের আংশিক গঠন নিম্নরূপ ঃ



দুই পর্যায়ী পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে প্রথম পর্যায়ে অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে ফেনলের সহিত মোলার অনুপাত অপেক্ষা কম পরিমাণ ফরম্যালডিহাইড মিশাইয়া বিক্রিয়া ঘটানো হয়। বিক্রিয়ার ফলে আট/দশটি ফেনল অণু ($-CH_2-$) সেতুর মাধ্যমে সংযুক্ত হইয়া থার্মোপ্লাস্টিক নোভোলাক রেজিন গঠন করে।



দ্বিতীয় পর্যায়ে এই নোভোলাক রেজিনের সহিত ফিলার ও পিগমেন্টের সঙ্গে প্রয়োজনীয় পরিমাণ হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন $(CH_2)_6N_4$ মিশাইয়া মোল্ডিং পাউডার প্রস্তুত করা হয়, যাহাকে ছাঁচের মধ্যে এক পর্যায়ী পদ্ধতির অনুরূপভাবে নির্দিষ্ট আকৃতির থার্মোসেটিং প্লাস্টিকে (C-পর্যায় রেজিনে) পরিণত করা যায়।

বাস্তবে, 1 ঃ 0·8 মোলার অনুপাতের ফেনল ও ফরম্যালডিহাইড মিশ্রণের সহিত 0·2% সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া 150°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে 3-4 ঘণ্টার মধ্যে নোভোলাক রেজিন উৎপন্ন হয়।

ফেনল ফরম্যালডিহাইড রেজিনের ধর্ম ঃ এই শ্রেণীর রেজিন ও রেজিন-নির্মিত প্লাস্টিক (ইহাদের সংক্ষেপে ফেনোলিক্স নামেও অভিহিত করা হয়) দৃঢ়, কাঠিন্যযুক্ত, তাপে অনমনীয়, জলরোধী, আঁচড়রোধী, অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ, যাহা জারক ধর্মহীন অ্যাসিড, লবণ

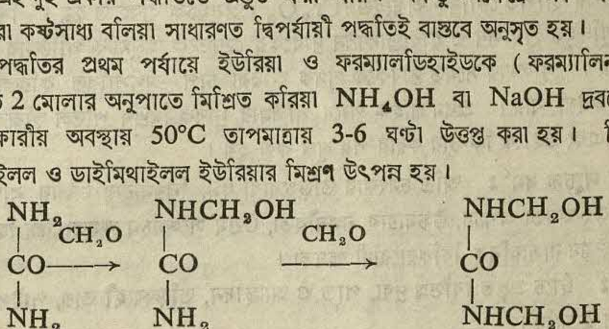
এবং বহু জৈব দ্রাবকের ক্রিয়ায় অপরিবর্তিত থাকে। তবে ইহা ক্ষার দ্বারা আক্রান্ত হয়। ইহা চমৎকার তড়িৎ অন্তরক।

ব্যবহার : (1) সুইচ, প্লাগ, হিটারের হাতল ইত্যাদি তড়িৎ-অন্তরক নির্মাণে ; (2) রেডিও বা টেলিভিসন ক্যাবিনেট, টেলিফোন সেট ইত্যাদি নির্মাণে , (3) ল্যামিনেটেড বা সংযুক্ত পাত নির্মাণে ; (4) আঠা হিসাবে ; (5) পেন্ট ও ভার্নিস শিল্পে ; (6) ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন হিসাবে এবং অন্যান বহুবিধ কার্যে এই জাতীয় প্লাস্টিক ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

ইউরিয়া ফরম্যালডিহাইড রেজিনভিত্তিক প্লাস্টিক

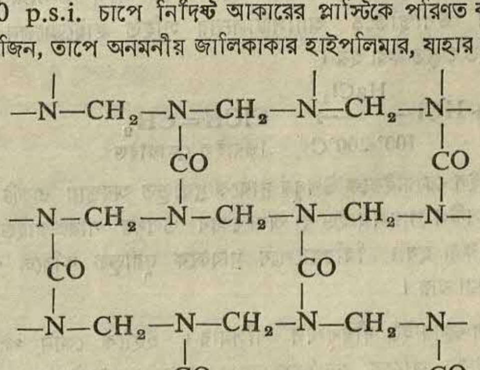
ফেনল ফরম্যালডিহাইডের মতন ইউরিয়া ফরম্যালডিহাইড রেজিনকেও একপর্যায়ী ও দ্বিপর্যায়ী এই দুই প্রকার পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু এক্ষেত্রে এক পর্যায়ী পদ্ধতি নিয়ন্ত্রণ করা কষ্টসাধ্য বলিয়া সাধারণত দ্বিপর্যায়ী পদ্ধতিই বাস্তবে অনুসৃত হয়।

এই পদ্ধতির প্রথম পর্যায়ে ইউরিয়া ও ফরম্যালডিহাইডকে (ফরম্যালিন হিসাবে) ঃ 1·3 হইতে 2 মোলার অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া NH_4OH বা NaOH দ্রবণের সাহায্যে সামান্য ক্ষারীয় অবস্থায় 50°C তাপমাত্রায় 3-6 ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে মনোমিথাইলল ও ডাইমিথাইলল ইউরিয়ার মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



মনোমিথাইলল ইউরিয়া ডাইমিথাইলল ইউরিয়া

উৎপন্ন মিশ্রণকে দ্বিতীয় পর্যায়ে অ্যাসিডযুক্ত (p_H 4-6) করিলে জেলী জাতীয় রেজিন পাওয়া যায়, যাহাকে সেলুলোজ ফিলার মিশাইয়া ছাঁচের মধ্যে 270-300°F তাপমাত্রায় এবং 3000-9000 p.s.i. চাপে নির্দিষ্ট আকারের প্লাস্টিকে পরিণত করা হয়। অন্তিম পদার্থ বা C-পর্যায় রেজিন, তাপে অনমনীয় জালিকাকার হাইপলিমার, যাহার আংশিক গঠন নিম্নরূপ ঃ



ধর্ম : ইউরিয়া ফরম্যালডিহাইড রেজিন অর্ধস্বচ্ছ, সাদা এবং ইহার দৃঢ়তা, তড়িৎ-অন্তরণ ক্ষমতা, কাঠিন্য ও আঁচড় প্রতিরোধ সামর্থ্যও উত্তম।

ব্যবহার : কাচতন্তু, প্রস্তরতন্তু ইত্যাদি একত্রিত করিয়া ফিল্টার মাধ্যম, অন্তরক ইত্যাদি প্রস্তুতির জন্য ; ক্যাটায়ন বিনিময়কারী হিসাবে ; অন্তরক হিসাবে ; প্লাইউড প্রস্তুতির জন্য ;

অর্ধস্বচ্ছ, সাদা বা হাল্‌কা রঙের থার্মোসেটিং প্লাস্টিক প্রস্তুতির জন্য এবং অন্যান্য কাজে এই রেজিন ব্যবহার করা হয়।

পলিথিন বা অ্যালকাথিন

ইহা থার্মোপ্লাস্টিক জাতীয় প্লাস্টিক। উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইথিলিনকে পলিমারাইজ করিয়া এই প্লাস্টিক প্রস্তুত করা হয়। পলিমারাইজেশনের বিভিন্ন পদ্ধতির মধ্যে আধুনিকতম পদ্ধতি 'মধ্যমচাপ পলিমারাইজেশন' পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে 90°-180°C তাপমাত্রায় M_0O_3 অথবা Cr_2O_3 অনুঘটক ব্যবহৃত হয়।

এইরূপ একটি পদ্ধতিতে 400-500 psi চাপ, 90°-180°C তাপমাত্রা এবং সিলিকা-অ্যালুমিনার উপর স্থাপিত ক্রোমিক অক্সাইড (Cr_2O_3) অনুঘটক ব্যবহৃত হয়। স্থির পীঠিকা প্রণালীতে অশুদ্ধিমুক্ত ইথিলিন ও হাইড্রোকার্বন দ্রাবকের স্রোতকে অনুঘটক পীঠিকার উপর দিয়া চালনা করা হয়। পলিমার সমেত দ্রাবককে পৃথক করিয়া চাপ অপসারিত করিলে অবিকৃত গ্যাস দূরীভূত হইয়া যায়। প্রথম গ্রাহক পাত্রে পলিমার দ্রাবক মিশ্রণ শীতল করিলে পলিমার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহাকে ফিল্টার করার পর শুষ্ক করা হয়।

বৈশিষ্ট্য সূচক ধর্ম : অতি চমৎকার তড়িৎরোধী ধর্ম, নিম্নমাত্রার জলীয় বাষ্প শোষণ, নিম্নমাত্রার তড়িৎ-ক্ষমতা অপচয়, উচ্চমাত্রার নমনীয়তা, উত্তম সঙ্কোচন ক্ষমতা, কম ছিন্ন হওয়ার প্রবণতা এবং উত্তম রাসায়নিক বিক্রিয়ারোধী ক্ষমতা।

ব্যবহার : ছাঁচে প্রস্তুত বিভিন্ন দ্রব্য, পাত ও আচ্ছাদন, তড়িৎবাহী তার, পাইপ, প্রলেপ, বোতল, শিশি ইত্যাদি।

পলিভিনাইল ক্লোরাইড (P.V.C.)

পলিভিনাইল ক্লোরাইড থার্মোপ্লাস্টিক জাতীয় প্লাস্টিকের মধ্যে অন্যতম। সাধারণত কোন ধাতব ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিনের সহিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ভিনাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CH\equiv CH + HCl \xrightarrow[100°\text{-}200°C]{HgCl_2} \underset{\text{ভিনাইল ক্লোরাইড}}{ClCH=CH_2}$$

অতঃপর উৎপন্ন ভিনাইল ক্লোরাইডকে উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় একটি অটোক্লেভে লইয়া অল্প পরিমাণ অ্যাসিটিল পারঅক্সাইড বা অন্য কোন উপযুক্ত পারঅক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে পলিমারাইজ করা হয়। বিক্রিয়াশেষে দ্রাবককে দূরীভূত করিলে পলিভিনাইল ক্লোরাইডের সাদা চূর্ণ পাওয়া যায়।

ধর্ম : পলিভিনাইল ক্লোরাইড দীর্ঘশৃঙ্খল পলিমার। ইহাকে কোন প্লাস্টিসাইজার যোগ না করিয়া একাকী মোল্ড করিলে দৃঢ় কিন্তু ভঙ্গুর প্লাস্টিক দ্রব্য উৎপন্ন হয়। সেজন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রে পলিভিনাইল ক্লোরাইডের সহিত উপযুক্ত প্লাস্টিসাইজার (দ্রাবক ক্রিয়াযুক্ত অনুদ্বায়ী এস্টার-জাতীয় যৌগ) যোগ করিয়া উহার নমনীয়তা বৃদ্ধি করা হয়। পলিমারাইজেশন করার আগে ভিনাইল ক্লোরাইডের সহিত ভিনাইল অ্যাসিটেট যোগ করা হইলে যে-'কো-পলিমার' (যে পলিমার শৃঙ্খলের মধ্যে উভয় প্রকার এককই উপস্থিত থাকে) পাওয়া যায়, তাহারও উত্তম নমনীয়তা থাকে।

ব্যবহার : দৃঢ়, প্লাস্টিসাইজারহীন P. V. C.-কে ট্যাঙ্ক আবরণ, নিরাপত্তা শিরস্ত্রাণ,

রেফ্রিজারেটারের আবরণ, ট্রে, সাইকেলের মাডগার্ড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। প্লাস্টিসাইজারযুক্ত নমনীয় P. V. C.-কে রেনকোট, টেবিল-ঢাকা, বিদ্যুৎবাহী তার, পর্দা, বিকারক পাত্র, রেডিও অংশ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

ভিনাইল ক্লোরাইড ও ভিনাইল অ্যাসিটেট কো-পলিমারকে নমনীয় প্লাস্টিসাইজার যুক্ত P.V.C.-এর পরিবর্তে ব্যবহার ছাড়াও তন্তু ও আচ্ছাদক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

প্রাকৃতিক ও সংশ্লেষিত রবার

হিভিয়া ব্রাসিলিয়েনসিস (Hevea Brasiliensis) বৃক্ষের রসকে তঞ্চন করিয়া প্রাকৃতিক রবার পাওয়া যায়। এই বৃক্ষগাত্র ছেদন করিলে যে দুধের মত সাদা রস বাহির হয়, তাহাকে রবার ল্যাটেক্স (latex) বলে। ল্যাটেক্সের মধ্যে রবার ইমালসান অবস্থায় প্রলম্বিত থাকে। অ্যাসিড যোগ করিলে ল্যাটেক্সে তঞ্চন ঘটিয়া রবার অধঃক্ষিপ্ত হয়। প্রাকৃতিক রবারের প্রধান অংশ পলিআইসোপ্রিন বা মিথাইল বিউটাডাইন ;

$$\left[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2- \right]_n$$

ইহা দীর্ঘশৃঙ্খল পলিমার, যদিও ইহার প্রত্যেক এককের মধ্যে একটি করিয়া দ্বিবন্ধন আছে। ইহা তাপে নমনীয়, পেট্রোলে দ্রাব্য এবং কিছু পরিমাণ চট্‌চটে। বেলুন, অস্ত্রোপচারের দস্তানা ইত্যাদি কয়েক প্রকার সামগ্রী প্রস্তুতিতে ইহা সীমাবদ্ধভাবে ব্যবহৃত হইলেও অধিকাংশ ক্ষেত্রে ইহাকে সরাসরি ব্যবহার করা যায় না। ইহাকে জালিকাকার পলিমারে পরিণত করিয়া তাপে অনমনীয় ও দ্রাবকরোধী করিবার জন্য ভালকানাইজ (Vulcanise) করা প্রয়োজন। সাধারণত সালফারের সাহায্যে নাতিউষ্ণ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া প্রাকৃতিক রবারকে ভালকানাইজ করা হয়। ভালকানাইজেশনের ফলে বিভিন্ন পলিমিথাইল বিউটাডাইন দীর্ঘশৃঙ্খলের মধ্যে সংযোগ (সরাসরি অথবা সালফারের মাধ্যমে) প্রতিষ্ঠিত হয় এবং রবার পেট্রোলে অদ্রাব্য ও অল্প উচ্চ তাপমাত্রায় অনমনীয় হইয়া উঠে। সঙ্গে সঙ্গে ইহার প্রসার্যদৃঢ়তা (Tensile strength) ও অন্যান্য ধর্মও বহুগুণ উন্নত হয়।

রবার ভালকানাইজেশনে সালফার ব্যতীতও অন্যান্য অনেক পদার্থ ব্যবহৃত হয়। ভালকানাইজেশনে ব্যবহৃত পদার্থগুলি নিম্নরূপ ঃ

1. ভালকানাইজার ঃ সালফার, সালফার মনোক্লোরাইড ইত্যাদি।

2. অ্যাক্সিলেটর ঃ (ভালকানাইজেশন দ্রুততর করে) M. B. T. (মারক্যাপ্টোবেঞ্জো-থায়াজোল), T.T.D. (টেট্রামিথাইল থায়ইউরাম ডাইসালফাইড), D.P.G. (ডাইফিনাইল গুয়ানিডিন) ইত্যাদি।

3. অ্যাকসিলেটর অ্যাক্টিভেটর ঃ (অজৈব) ZnO, PbO, MgO ইত্যাদি ; (জৈব) স্টিয়ারিক অ্যাসিড, ওলেয়িক অ্যাসিড, ইত্যাদি।

4. ফিলার ঃ হোয়াইটিং বা খড়িমাটি, চীনামাটি ইত্যাদি।

5. পিগমেণ্ট ঃ কার্বন ব্ল্যাক, ZnO, TiO_2 ইত্যাদি।

6. সফেনার ঃ বিভিন্ন তৈলজাতীয় পদার্থ।

এতদ্ব্যতীত মিশ্রণে জারণরোধী পদার্থ, মোমজাতীয় পদার্থ, পুনরুজ্জীবিত (reclaimed) রবার ইত্যাদিও উপস্থিত থাকে।

উপরি-উক্ত উপাদানগুলিকে সঠিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া ছাঁচ প্রদত্ত আকারে বা পাতে

পরিণত করা হয় এবং 100°C থেকে 150°C তাপমাত্রায় কয়েক মিনিট হইতে কয়েক ঘণ্টা উত্তপ্ত করিয়া ভালকানাইজ করা হয়।

ব্যবহার ঃ টায়ার, টিউব, জুতা, তড়িৎবাহী তার, রেনকোট, আইসব্যাগ, হটব্যাগ, জলরোধী কাপড় হইতে শুরু করিয়া রবার হইতে অসংখ্য প্রয়োজনীয় সামগ্রী প্রস্তুত করা হয়।

ধর্ম ঃ প্রাকৃতিক রবার ভাল্‌কানাইজ করিয়া প্রস্তুত সামগ্রীর প্রসার্যশীলতা, প্রসার্যদৃঢ়তা, স্থিতিস্থাপকতা ও জল প্রতিরোধ ক্ষমতা অতি চমৎকার; দ্রাবক অথবা সাধারণ রাসায়নিক দ্রব্যাদির ক্রিয়া প্রতিরোধ করিবার ক্ষমতাও বেশ ভাল। অবশ্য জৈব দ্রাবক ইহাকে দ্রবীভূত করিতে না পারিলেও, ফুলাইয়া চট্‌চটে করিয়া তুলিতে পারে।

সংশ্লেষিত রবার ঃ সংশ্লেষিত রবার বলিতে সংশ্লেষিত উপায়ে প্রস্তুত পলিআইসোপ্রিন (প্রাকৃতিক রবারের প্রধান উপাদান) বুঝায় না, সংশ্লেষিত উপায়ে প্রস্তুত এবং রবারের বৈশিষ্ট্যসূচক বিভিন্ন ধর্ম (প্রসার্যশীলতা, স্থিতিস্থাপকতা ইত্যাদি) প্রদর্শনে সক্ষম, এমন পদার্থ বুঝায়। তবে অধিকাংশ সংশ্লেষিত রবারের সহিত প্রাকৃতিক রবারের অর্থাৎ পলি-আইসোপ্রিনের ঘনিষ্ঠ সম্পর্ক দেখিতে পাওয়া যায়।

$$\left(-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2-\right)_n$$ প্রাকৃতিক রবার বা পলি-আইসোপ্রিন

$$\left(-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2-\right)_n$$ নিয়োপ্রিন রবার বা পলি-ক্লোরোপ্রিন

$$[(-CH_2-CH=CH-CH_2-)_3CH_2-CHC_6H_5]_n$$

জি. আর. এস. বা বিউটাডাইন স্টাইরিন কোপলিমার

স্পষ্টত পলি-আইসোপ্রিনের মিথাইল মূলকের পরিবর্তে পলি-ক্লোরোপ্রিনে একটি ক্লোরিন পরমাণু ও বিউটাডাইন-স্টাইরিন কোপলিমারের বৃহত্তর অংশে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে।

জি. আর. এস. (G. R. S.), এস. বি. আর. (S. B. R.) বা বুনা এস (Buna S) রবার

বিউটাডাইন ($CH_2=CH-CH=CH_2$) ও স্টাইরিনের ($C_6H_5CH=CH_2$) প্রায় 3 ঃ 1 আণবিক অনুপাতের মিশ্রণকে মিশ্রণের দ্বিগুণ আয়তন জলের মধ্যে সাবান (মিশ্রণের ওজনের প্রায় 5%) বা অন্য কোন ইমালসিফায়ারের সাহায্যে ইমালসানে (emulsion) পরিণত করিয়া সামান্য পরিমাণ (অনুঘটকের সক্রিয়তার উপর নির্ভর করিয়া শতকরা কয়েকভাগ বা আরো কম) পারঅক্সাইড বা হাইড্রো-পারঅক্সাইড (পটাসিয়াম পারসালফেট, p মেন্থেন হাইড্রো-পারঅক্সাইড ইত্যাদি) অনুঘটকের সাহায্যে সাধারণ বা বরফ-শীতল তাপমাত্রায় পলিমারাইজ করিলে যে কোপলিমার পাওয়া যায়, তাহাকে আমেরিকায় জি. আর. এস. বা এস. বি. আর. এবং জার্মানিতে বুনা—এস নামে অভিহিত করা হয়।

ধর্ম ঃ সার্বিকভাবে বিচার করিলে অন্য সব সংশ্লেষিত রবারের তুলনায় এই রবারের ধর্ম প্রাকৃতিক রবারের ধর্মের সর্বাপেক্ষা নিকটবর্তী। ইহাকে প্রাকৃতিক রবারের মতন একই-ভাবে সালফার বা সালফার মনোক্লোরাইডের সাহায্যে অন্যান্য উপাদানের সহিত মিশাইয়া ভাল্‌কানাইজ করা যায়। ভাল্‌কানাইজেশনের পরে ইহার রাসায়নিক প্রতিরোধ ক্ষমতা প্রাকৃতিক রবারের সমতুল্য হইলেও, দৃঢ়তা বা মোচড়ানো-দোমড়ানোর ক্ষমতার মতন কতগুলি

ভৌতধর্ম তুলনামূলকভাবে কিছু পরিমাণ নিকৃষ্ট। তবে ইহার পচন প্রবণতা (aging) এবং গ্যাস ভেদ্যতা ধর্ম প্রাকৃতিক রবার অপেক্ষা উন্নততর।

ব্যবহার : সব সংশ্লেষিত রবারের মধ্যে এই জাতীয় রবারের ব্যবহারই সর্বাধিক। মোটর, লরী, বাস ইত্যাদির টায়ার নির্মাণেই এই রবার সর্বাপেক্ষা বেশি পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। এতদ্ব্যতীত এই রবার হইতে বিভিন্ন যান্ত্রিক সরঞ্জাম ও তড়িৎ-অন্তরকও নির্মিত হয়।

নিয়োপ্রিন বা জি. আর. এম. (G.R.M) রবার

অ্যাসিটিলিনকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মিশ্রণের মধ্যে চালিত করিলে ভিনাইল অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

$$2CH{\equiv}CH \longrightarrow \underset{\text{ভিনাইল অ্যাসিটিলিন}}{CH_2{=}CH\text{-}C{\equiv}CH}$$

উৎপন্ন ভিনাইল অ্যাসিটিলিন বাষ্পকে 40°-65°C তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্রবণের মিশ্রণের মধ্যে চালিত করিলে ক্লোরোপ্রিন উৎপন্ন হয়।

$$CH_2{=}CH{-}C{\equiv}CH \xrightarrow{HCl} CH_2{=}CH{-}ClCH{=}CH_2 \quad (\text{ক্লোরোপ্রিন})$$

ক্লোরোপ্রিনকে দ্বিগুণ আয়তন জলের মধ্যে অল্প পরিমাণ সাবান বা অন্য কোন উপযুক্ত ইমালসিফায়ারের সাহায্যে ইমালসানে পরিণত করিয়া সামান্য পটাসিয়াম পারসালফেট ($K_2S_2O_8$) বা অন্য কোন পারঅক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে পলিমারাইজ করিলে নিয়োপ্রিন রবার পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{ক্লোরোপ্রিন}}{nCH_2{=}CH{-}CClH{=}CH_2} \rightarrow \underset{\text{নিয়োপ্রিন}}{({-}CH_2{-}CH{=}ClCH{-}CH_2{-})_n}$$

ধর্ম : প্রাকৃতিক রবারের ন্যায় নিয়োপ্রিন রবারের গাঠনিক একক বা মারের মধ্যে দ্বিবন্ধন উপস্থিত থাকিলেও উহাকে সালফারের সাহায্যে ভাঙিয়া ভালকানাইজ করা যায় না। নিয়োপ্রিন রবার ভালকানাইজ করার জন্য সালফারের পরিবর্তে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO) জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO) ইত্যাদি দ্বিযোজী ধাতুর অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। ভালকানাইজেশন করিবার পূর্বে নিয়োপ্রিন রবারের মধ্যে প্রাকৃতিক রবারের ন্যায় অন্যান্য উপাদান মিশ্রিত করা যায়। তবে এইরূপ মিশ্রণে সালফার উপস্থিত থাকিলে, উহা ভালকানাইজার হিসাবে কাজ না করিয়া অ্যাকসিলেটর হিসাবে কাজ করে। ভালকানাইজ করা নিয়োপ্রিন রবারের প্রসার্যদৃঢ়তা প্রাকৃতিক রবার অপেক্ষাও বেশি। ইহার তাপ ও জৈব দ্রাবক প্রতিরোধ ক্ষমতা প্রাকৃতিক রবার অপেক্ষা অনেক উন্নত এবং পচন প্রবণতা কম। অন্যান্য ভৌতধর্মও প্রাকৃতিক রবারের সমস্তরের। কিন্তু ইহার মূল্য তুলনামূলকভাবে অধিক।

ব্যবহার : পেট্রোল হোস পাইপ, পেট্রোল ও রাসায়নিক দ্রব্যাদির পাত্রের আবরণ, তৈলের উপস্থিতিতে কার্যরত তড়িৎবাহী তার, প্রেসার কুকারের গাস্কেট এবং তৈল ও রাসায়নিক দ্রব্যাদির সংস্পর্শে ব্যবহৃত রোলার, দস্তানা, জুতার সুকতলা ইত্যাদি প্রস্তুতিতে নিয়োপ্রিন রবার ব্যবহার করা হয়।

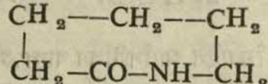
সংশ্লেষিত তন্তু

তুলা বা কাঠের প্রধান উপাদান সেলুলোজ হইতে বিপুল পরিমাণে 'রেয়ন' নামে পরিচিত অর্ধসংশ্লেষিত তন্তু প্রস্তুত করা হয়। সম্পূর্ণ সংশ্লেষিত তন্তুর মধ্যে টেরিলিন ও নাইলন

সর্বপ্রধান। ভিনাইল ক্লোরাইড ও ভিনাইল অ্যাসিটেটের কোপলিমারকে যে তন্তু হিসাবে ব্যবহার করা হয় সে বিষয়ে পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। এতদ্ব্যতীত আরো কয়েকপ্রকার সংশ্লেষিত তন্তু আবিষ্কৃত হইয়াছে ও হইতেছে।

নাইলন

যে হাইপলিমার অণুর গঠনের মধ্যে অ্যামাইডো (–CONH–) মূলকের বারংবার পুনরাবৃত্তি ঘটে, সেই হাইপলিমারকেই 'নাইলন' এই সাধারণ নামে অভিহিত করা হয়। উপরি-উক্ত সংজ্ঞানুযায়ী বহুপ্রকার নাইলনের অস্তিত্ব সম্ভব হইলেও, উহাদের মধ্যে তন্তু হিসাবে গুরুত্বপূর্ণ দুই প্রকার নাইলন—নাইলন 6, 6 এবং নাইলন-6। প্রথমোক্ত নাইলনটিকে হেক্সামিথিলিন ডাইঅ্যামিন $(CH_2)_6(NH_2)_2$ ও অ্যাডিপিক অ্যাসিডের $(CH_2)_4(COOH)_2$ পলিকনৃডেনসেশন বিক্রিয়ার সাহায্যে এবং দ্বিতীয় নাইলনটিকে ক্যাপ্রোল্যাকটামের পলি-অ্যাডিসান বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়।



ক্যাপ্রোল্যাকটাম

প্রথম ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক দুইটির মধ্যে 6টি করিয়া কার্বনের শৃঙ্খল উপস্থিত থাকে বলিয়া উহাকে নাইলন 6, 6 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে একটিমাত্র বিক্রিয়কের মধ্যে 6টি কার্বনের শৃঙ্খল উপস্থিত থাকে বলিয়া উহাকে নাইলন 6 বলা হয়।

নাইলন 6, 6 প্রস্তুতি : প্রথমে হেক্সামিথিলিন ডাইঅ্যামিন ও অ্যাডিপিক অ্যাসিডের 1 : 1 আণবিক অনুপাতের মিশ্রণকে জলীয় দ্রবণের মধ্যে সামান্য ক্ষারীয় (pH 7·8) অবস্থায় বিক্রিয়া করাইয়া নাইলন লবণে পরিণত করা হয়।

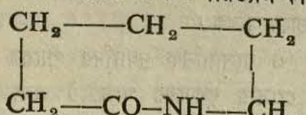
$$NH_2(CH_2)_6NH_2 + HOOC(CH_2)_4COOH \rightarrow \underset{\text{নাইলন লবণ}}{NH_2(CH_2)_6NH_3OOC(CH_2)_4COOH}$$

অতঃপর দ্রবণ হইতে নাইলন লবণকে পৃথক ও শুষ্ক করিয়া অটোক্লেভের মধ্যে 280°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়।

$$\text{নাইলন লবণ} \xrightarrow{-H_2O} \underset{\text{নাইলন 6, 6}}{H\text{–}[HN(CH_2)_6\text{–}NHCO\text{–}(CH_2)_4\text{–}CO]_n\text{–}OH}$$

অটোক্লেভের মধ্যে পলিকনৃডেনসেশন বিক্রিয়ায় জল বহির্গত হয় এবং প্রাপ্ত পলিমারকে গলিত অবস্থায় বাহির করিয়া শীতল ও খণ্ড খণ্ড করা হয়।

নাইলন 6 প্রস্তুতি : ক্যাপ্রোল্যাকটামকে পলিমারাইজ করিবার সময় উপস্থিত যৎসামান্য জল পর্যায়ক্রমে শোষণ ও পরিত্যাগ করিয়া ক্যাপ্রোল্যাকটাম নাইলন 6-এ পরিণত হয়।



$$\xrightarrow{H_2O} \underset{\epsilon\ \text{অ্যামিনো ক্যাপ্রোয়িক অ্যাসিড}}{H_2N\text{–}(CH_2)_5\text{–}COOH}$$

$$\xrightarrow{-H_2O} \underset{\text{নাইলন 6}}{H\text{–}[NH(CH_2)_5CO]_n\text{–}OH}$$

অতঃপর প্রাপ্ত পলিমার হইতে অবিকৃত ক্যাপ্রোল্যাকটামকে ধৌত করিয়া পৃথক করা হয় এবং এক ক্ষারকীয় জৈব অ্যাসিডের সাহায্যে উহাকে সুস্থিত করা হয়।

তন্তু প্রস্তুতি ঃ নাইলন 6 ও নাইলন 6, 6 হইতে একই উপায়ে তন্তু প্রস্তুত করা হয়। এজন্য খণ্ডাকার পলিমারকে গলিত করিয়া বহুসংখ্যক সূক্ষ্ম ছিদ্র সমন্বিত স্পিনারেটের মধ্য দিয়া নিষ্ক্রিয় শীতল গ্যাসের মধ্যে চালনা করা হয়। গলিত পলিমারের সূক্ষ্ম ধারাসমূহ শীতল হইয়া তন্তুতে পরিণত হয়। পরে প্রাপ্ত তন্তুকে শীতল অবস্থায় টানিয়া প্রায় 4 গুণ প্রসারিত করা হয়। এই শীতল-প্রসারণ প্রক্রিয়ার ফলে দীর্ঘকায় অণুগুলি সমান্তরালভাবে সজ্জিত হইয়া যায় এবং উহাদের প্রসার্যদৃঢ়তা বহুগুণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

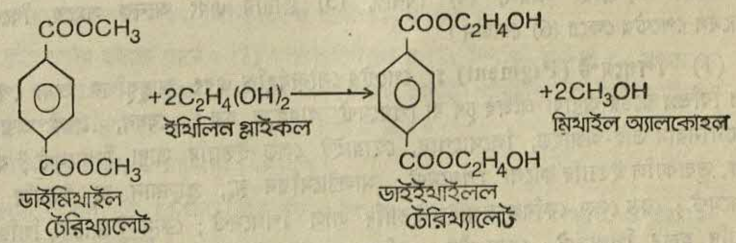
ব্যবহার ঃ কৃত্রিম রেশম বা কৃত্রিম পশম হিসাবে ব্যবহার ব্যতীতও নাইলনকে বুরুসের রোঁয়া, বোতাম, সামরিক বিমানের টায়ার ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

নাইলন তন্তুর ধর্ম ঃ ইহা প্রাকৃতিক যে-কোন তন্তু অপেক্ষা দৃঢ়তর। আর্দ্র অবস্থাতেও ইহার দৃঢ়তা শুষ্ক অবস্থার 80-90%। ইহার জল শোষণের মাত্রা কম, জল প্রতিরোধ ক্ষমতা বেশি এবং ইহা ফরমিক অ্যাসিড বা ফেনল ব্যতীত অন্য কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না। ইহার ইস্ত্রি ও ভাঁজ নষ্ট হয় না এবং ইহা লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণে ফুটাইলেও আক্রান্ত হয় না। এজন্য পরিধেয় প্রস্তুতিতে ইহা আদর্শস্থানীয়।

টেরিলিন বা ডেক্রন

টেরিথ্যালিক অ্যাসিড ও ইথিলিন গ্লাইকলের পলিকন্‌ডেন্‌সেশন জাত পলিমার ইংলণ্ডে টেরিলিন এবং অ্যামেরিকায় ডেক্রন নামে পরিচিত। টেরিলিনকে বর্তমানে টেরিথ্যালিক অ্যাসিড ও ইথিলিন গ্লাইকলের বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রস্তুত করা হয় না, ডাইমিথাইল টেরিথ্যালেট ও ইথিলিন গ্লাইকলের মধ্যে এস্টার বিনিময় বিক্রিয়া ঘটাইয়া প্রস্তুত করা হয়।

শিল্প-প্রস্তুত পদ্ধতি ঃ ইথিলিন গ্লাইকল ও ডাইমিথাইল টেরিথ্যালেটকে 2 ঃ 1 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়াপাত্রের মধ্যে লইয়া ক্ষারীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে 160°C হইতে 230°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এস্টার বিনিময় বিক্রিয়ার ফলে ডাইমিথাইল টেরিথ্যালেট ডাইইথাইলল টেরিথ্যালেটে পরিণত হয়।



অতঃপর বিক্রিয়াপাত্রকে নিম্নচাপে 270°-300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পলিকনডেন-সেশন বিক্রিয়া ঘটে। ইথিলিন গ্লাইকল বাহির হইয়া যায় এবং টেরিলিন পড়িয়া থাকে।

$$n\,HOC_2H_4OOCC_6H_4COOC_2H_4OH \rightarrow HO-(C_2H_4OCOC_6H_4COO)_n-H+(n-1)C_2H_4(OH)_2$$

টেরিলিন

তন্তু উৎপাদন ঃ বিক্রিয়াপাত্র হইতে টেরিলিনকে বাহিরে আনিয়া শীতল ও খণ্ড খণ্ড করিবার পর টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইডের মত চাকচিক্যরোধী পদার্থ, রঞ্জক পদার্থ ইত্যাদির সহিত মিশ্রিত করিয়া গলিত অবস্থায় বহুসংখ্যক ছিদ্র সমন্বিত স্পিনারেটের মধ্য দিয়া নিষ্ক্রিয়

ও শীতল গ্যাস পরিমণ্ডলে চালিত করা হয়। গলিত পলিমারের সূক্ষ্ম ধারাসমূহ শীতল হইয়া তন্তুতে পরিণত হইলে, উহাদের টানিয়া প্রায় 4 গুণ প্রসারিত করা হয়। শীতল-প্রসারণ প্রক্রিয়ার ফলে পলিমারের দীর্ঘ অণুগুলি সমান্তরালভাবে সজ্জিত হইয়া বহুগুণ প্রসার্যদৃঢ়তা লাভ করে।

ব্যবহার ঃ টেরিলিন তন্তুকে প্রধানত কৃত্রিম রেশম হিসাবে ব্যবহার করা হইলেও যান্ত্রিক উপায়ে ইহাকে পশমসদৃশ তন্তুতেও পরিণত করা যায়।

ধর্ম ঃ টেরিলিনের প্রধান সুবিধা এই যে, ইহার ইস্ত্রি ও ভাঁজ সহজে, বিশেষত সিক্ত অবস্থাতেও বিনষ্ট হয় না। ইহার জলরোধী ধর্মের জন্য ঘর্ম শোষণে অসুবিধা হয় এবং গাত্রত্বকের সহিত ঘর্ষণে স্থির তড়িৎ উৎপন্ন হইয়া চুলকানির সৃষ্টি করিতে পারে। সেজন্য বর্তমানে বিশুদ্ধ টেরিলিনের পরিবর্তে 67% টেরিলিনকে 33% তুলা, রেয়ন বা পশমের সহিত মিশ্রিত করিয়া মিশ্র তন্তুতে প্রস্তুত পরিচ্ছদ ব্যবহারের প্রবণতা ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইতেছে। প্রসার্য দৃঢ়তা ও অন্যান্য দৃঢ়তার বিচারে ইহা দৃঢ়তম তন্তুগুলির অন্যতম। ইহার উচ্চমাত্রার স্থিতিস্থাপকতা ও ক্ষাররোধী ক্ষমতা আছে। এই সব কারণেই ইহার জনপ্রিয়তা এত বেশি।

পেণ্ট-ভার্নিস ল্যাকার

পেণ্ট বলিতে তরল মাধ্যমের মধ্যে রেজিনসহ অথবা রেজিনব্যতীত কঠিন চূর্ণ মিশ্রণের এমন প্রলম্বন বুঝায়, যাহা পলিমারাইজেশন, জারণ বা বাষ্পায়নের, অথবা উহাদের একত্রিত প্রভাবে, শুষ্ক হইয়া রক্ষাকারী অথবা সৌন্দর্যবর্ধক প্রলেপ সৃষ্টি করে।

সংজ্ঞানুযায়ী ওয়াটার পেণ্ট, ইমালসান পেণ্ট ইত্যাদিও পেণ্ট শ্রেণীর অন্তর্গত। কিন্তু শুধু পেণ্ট বলিতে আমরা সাধারণত অয়েল পেণ্ট বুঝি যাহার তরল মাধ্যম তৈল। আমরা শুধুমাত্র অয়েল পেণ্টের মধ্যেই আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখিব।

পেণ্টের মধ্যে প্রধানত নিম্নলিখিত উপাদানসমূহ থাকে ঃ (1) পিগমেণ্ট, (2) এক্সটেন্ডার বা ফিলার, (3) ড্রাইং অয়েল, (4) থিনার, (5) ড্রায়ার এবং অনেক সময়ে, বিশেষত এনামেল পেণ্টের ক্ষেত্রে (6) রেজিন।

(1) **পিগমেণ্ট (Pigment) ঃ** পেণ্টের সৌন্দর্যবৃদ্ধি এবং আয়ুবৃদ্ধির জন্য পেণ্টের মধ্যে বিভিন্ন রঙের অদ্রাব্য অজৈব চূর্ণ বা পিগমেণ্ট ব্যবহৃত হয়। যেমন, জিঙ্ক অক্সাইড, টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইড, লিথোপোন, হোয়াইট লেড ইত্যাদি সাদা পিগমেণ্ট ; কার্বন ব্ল্যাক, ভূষাকালি ইত্যাদি কালো পিগমেণ্ট ; আলট্রামেরিন ব্লু, প্রুসিয়ান ব্লু ইত্যাদি নীল পিগমেণ্ট ; রেড লেড, ফেরিক অক্সাইড ইত্যাদি লাল পিগমেণ্ট ; ক্রোম ইয়েলো, গিরিমাটি ইত্যাদি হলুদ পিগমেণ্ট ; ক্রোম গ্রীন, ক্রোমিক অক্সাইড ইত্যাদি সবুজ পিগমেণ্ট।

(2) **এক্সটেন্ডার বা ফিলার (Extender or filler) ঃ** পিগমেণ্টের আবৃত করার ক্ষমতা বাড়াইবার এবং পেণ্টের খরচ কমাইবার জন্য অনেক সময় পেণ্টে পিগমেণ্টের সহিত বেরিয়াম সালফেট, হোয়াইটিং ($CaCO_3$ চূর্ণ) ইত্যাদি এক্সটেন্ডার বা ফিলার ব্যবহৃত হয়।

(3) **ড্রাইং অয়েল ঃ** তিসির (linseed) তৈল, টুং (tung) তৈল নিরুদিত রেড়ীর (castor) তৈল ইত্যাদি যে-সব জৈব তৈলের মধ্যে একাধিক দ্বিবন্ধন আছে, তাহারা অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় জালিকাকৃত কঠিন পলিমার উৎপন্ন করে।

এই পলিমারগুলিই পেণ্ট প্রলেপের মধ্যে পিগমেণ্ট চূর্ণগুলিকে আটকাইয়া রাখে। এইরূপ তৈলকে ড্রাইং অয়েল বলে।

(4) **থিনার (Thinner) ঃ** বুরুসের সাহায্যে পেণ্ট লাগানোর সুবিধার জন্য ঘন পেণ্টকে থিনার নামে পরিচিত বিভিন্ন জৈব দ্রাবকেব সাহায্যে পাতলা করা হয়। যেমন তার্পিন তৈল, সলভেণ্ট অয়েল, বেঞ্জিন, টলুইন ইত্যাদি।

(5) **ড্রায়ার ঃ** জারণ ও পলিমারাইজেশনের সাহায্যে ডাইং অয়েল যখন কঠিনে পরিণত হয়, তখন ড্রায়ার অনুঘটকের কার্য করে। ড্রায়ার হিসাবে পেণ্ট ও ভার্নিস শিল্পে জিঙ্ক, লেড, ম্যাঙ্গানিজ ও কোবাল্ট যৌগ ব্যবহৃত হয়। ইহাদের সক্রিয়তার ক্রম $Z_n < Pb < M_n < Co$। উপস্থিত ড্রাইং অয়েলের মাত্র শতকরা কয়েকভাগ ড্রায়ার পেণ্ট প্রস্তুতিতে ব্যবহার করার প্রয়োজন হয়।

রেজিন ঃ পেণ্টের মধ্যে অল্প পরিমাণ রজন বা রজনজাত লাইমরোজিন, এস্টারগাম ইত্যাদি প্রাকৃতিক রেজিন অথবা রূপান্তরিত ফেনলিক্স, গ্লিপ্টাল ইত্যাদি সংশ্লেষিত রেজিনও উপস্থিত থাকিতে পারে।

উপরি-উক্ত উপাদানগুলিকে সঠিক অনুপাতে উত্তমরূপে মিশ্রিত করিলে পেণ্ট পাওয়া যায়। উত্তম পেণ্টের উচ্চমাত্রার প্রবহমাণতা ও আবৃত করার ক্ষমতা থাকা উচিত এবং শুষ্ক হইবার পর এমন প্রলেপ উৎপন্ন করা উচিত, যাহা দীর্ঘস্থায়ী, দৃঢ়, সমবেধযুক্ত, দুর্ভেদ্য, আবৃত তল-রক্ষাকারী, চক্চকে, সুন্দর এবং পুরাতন হইলে বিবর্ণ হয় না।

ভার্নিস

ভার্নিস বলিতে তৈল অথবা থিনারে অথবা উভয়ের মিশ্রণের মধ্যে দ্রবীভূত অথবা কলয়ডীয় অবস্থায় প্রলম্বিত প্রাকৃতিক অথবা সংশ্লেষিত অথবা উভয় প্রকার রেজিনের এমন দ্রবণ বা প্রলম্বন বুঝায়, যাহা পলিমারাইজেশন জারণ বা বাষ্পায়ন অথবা উহাদের মিলিত প্রভাবে শুষ্ক হইয়া রক্ষাকারী অথবা সৌন্দর্যবর্ধক প্রলেপ সৃষ্টি করে।

ভার্নিস দুই শ্রেণীর হইতে পারে ঃ (1) অয়েল ভার্নিস ও (2) স্পিরিট ভার্নিস। সাধারণ ভার্নিস বলিতে অয়েল ভার্নিস বুঝাইলেও আমাদের দেশে বিপুল পরিমাণ স্পিরিট ভার্নিস (মিথিলেটেড স্পিরিটে দ্রবীভূত গালা বা শেলাক) ব্যবহৃত হয়।

অয়েল ভার্নিসের প্রধান উপাদানগুলি নিম্নরূপ ঃ

(1) ড্রাইং অয়েল, (2) রেজিন, (3) দ্রাবক ও থিনার এবং (4) ড্রায়ার। পূর্বেই উপাদান-গুলির উদাহরণ দেওয়া হইয়াছে।

ভার্নিসে উপস্থিত প্রতি 100 পাউণ্ড রেজিনের জন্য ব্যবহৃত ড্রাইং অয়েলের পরিমাণের ভিত্তিতে ভার্নিসকে সাধারণত তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয় ঃ

(1) হ্রস্ব চরিত্রের (100 পাউণ্ড রেজিন প্রতি প্রায় 10 গ্যালন ড্রাইং অয়েল)
(2) মধ্যম চরিত্রের (100 পাউণ্ড রেজিন প্রতি প্রায় 25 গ্যালন ড্রাইং অয়েল)
(3) দীর্ঘ চরিত্রের (100 পাউণ্ড রেজিন প্রতি প্রায় 50 গ্যালন ড্রাইং অয়েল)

সাধারণভাবে হ্রস্ব: চরিত্রের ভার্নিস অধিক দ্রুত শুষ্ক হয় এবং ভঙ্গুর প্রলেপ উৎপন্ন করে। অপরপক্ষে দীর্ঘ চরিত্রের ভার্নিস তুলনামূলকভাবে দেরী করিয়া শুষ্ক হয় এবং স্থিতিস্থাপক ও রৌদ্র-বৃষ্টির প্রভাবরোধী প্রলেপ সৃষ্টি করে।

ল্যাকার

ল্যাকার বলিতে দ্রাবক ও লঘুকারকের (diluent) মধ্যে দ্রবীভূত বা কলয়ডীয় অবস্থায় প্রলম্বিত নাইট্রো-সেলুলোজ (অথবা অনুরূপ প্রলেপ সৃষ্টিকারী যৌগ), রেজিন ও প্লাস্টি-সাইজারের এমন মিশ্রণ বুঝায়, যাহা প্রধানত নিজের উদ্বায়ী অংশের বাষ্পায়নের ফলে শুষ্ক হইয়া রক্ষাকারী অথবা সৌন্দর্যবর্ধক প্রলেপ সৃষ্টি করে।

ল্যাকারের মধ্যে গড়ে 75% উদ্বায়ী ও 25% অনুদ্বায়ী অংশ থাকে। অনুদ্বায়ী অংশের 25%-এর মধ্যে থাকে প্রায় 12% নাইট্রো-সেলুলোজ, 5% প্লাস্টিসাইজার (রেড়ীর তৈল, ডাই-বিউটাইল থ্যালেট ইত্যাদি), 5% রেজিন (গালা, এস্টারগাম, অ্যালকিড ইত্যাদি) ও 3% পিগমেণ্ট। উদ্বায়ী 75%-এর মধ্যে থাকে প্রায় 45% দ্রাবক (বিউটাইল অ্যাসিটেট, অ্যামাইল অ্যাসিটেট, মিথাইল ইথাইল কিটোন ইত্যাদি) এবং 30% লঘুকারক (টলুইন, ন্যাপথা ইত্যাদি)। লঘুকারক অনুদ্বায়ী অংশকে একাকী দ্রবীভূত করিতে পারে না কিন্তু উহার দ্রবণে যুক্ত হইলে সান্দ্রতা হ্রাস করে। ল্যাকার প্রলেপ অধিকতর সুন্দর ও জলরোধী।

অনুশীলনী

1. হাইপলিমার বলিতে কি বুঝ? কি ভাবে হাইপলিমারকে শ্রেণীবিভক্ত করা হইয়াছে? বিভিন্ন শ্রেণীর একটি করিয়া হাইপলিমারের নাম ও সঙ্কেত লিখ।

2. প্লাস্টিক ও রেজিনের মধ্যে পার্থক্য কি? একটি থার্মোপ্লাস্টিক জাতীয় এবং একটি থার্মোসেটিং জাতীয় প্লাস্টিকের প্রস্তুতি, বিশেষ ধর্ম ও ব্যবহার সংক্ষেপে আলোচনা কর।

3. বেকেলাইট কোন্ জাতীয় প্লাস্টিক? দ্বিপর্যায়ী পদ্ধতিতে বেকেলাইট প্লাস্টিকে গঠিত দ্রব্যের উৎপাদন প্রণালী উপযুক্ত সমীকরণসহ আলোচনা কর। ইহার বৈশিষ্ট্যসূচক ধর্মগুলি এবং ব্যবহার উল্লেখ কর।

4. দুইটি সংশ্লেষিত রবারের প্রস্তুতপ্রণালী আলোচনা কর। ইহাদের বৈশিষ্ট্যসূচক ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

5. প্রাকৃতিক রবার কি? কেন প্রাকৃতিক রবার ভ্যাল্‌কানাইজ করা হয়? প্রাকৃতিক রবারের ভ্যাল্‌ক্যানাইজেশন পদ্ধতি আলোচনা কর।

6. নাইলন ও টেরিলিন তন্তুর প্রস্তুতপ্রণালী আলোচনা কর। কেন এই তন্তুগুলিকে শীতল প্রসারণ করা হয়? প্রাকৃতিক তন্তু হইতে এই তন্তুগুলির অধিক জনপ্রিয়তার কারণ কি?

7. পেণ্ট, ভার্নিস ও ল্যাকার বলিতে কি বুঝ? কেন ইহাদের ব্যবহার করা হয়? অয়েল-পেণ্ট উৎপাদনে ব্যবহৃত উপাদানগুলির নাম ও কার্য কি?

8. টীকা লিখঃ (a) প্লাস্টিক (b) সংশ্লেষিত রবার (c) সংশ্লেষিত তন্তু (d) পেণ্ট ও ভার্নিস।

———

উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষা, ১৯৮৬

CHEMISTRY—Second Paper

Group—A

যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

1. আলফা, বিটা ও গামা রশ্মিগুলি কি ? উহাদের নিম্নলিখিত চরিত্রগুলির তুলনা কর : (a) গতিবেগ, (b) ভেদন ক্ষমতা এবং (c) গতীয় শক্তি।

রাদারফোর্ডের পরমাণু-গঠনের মডেল কি কি কারণে পরিত্যক্ত হইয়াছিল ? বোরের পরমাণু মডেলের প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি কি ?

2. *(a) "দ্রাব্যতা লেখ" (Solubility curve) হইতে কি কি তথ্য পাওয়া যায় ? [যে-কোন দুইটি তথ্যের উল্লেখ কর।]

25°C উষ্ণতাতে সম্পৃক্ত KNO_3-এর 1000 ml. দ্রবণকে (দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব=1·332) সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হইল। শুষ্ক লবণের ওজন হইল 333 gm। 25°C উষ্ণতাতে KNO_3-এর দ্রাব্যতা গণনা কর।

উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে যাহার দ্রাব্যতা কমিয়া যায় এমন একটি কঠিন পদার্থের নাম লিখ।

*(b) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অম্লের দ্রবণ অপেক্ষা বিশুদ্ধ জলে AgCl বেশি দ্রবণীয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

(c) $CHCl_3$ ও CCl_4 এই দুইটি অণুর মধ্যে কোন্‌টি ধ্রুবীয় ও কেন ?

3. (a) মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা (Electronegativity) বলিতে কি বুঝা যায় ? একটি পর্যায়ে ইহা কিভাবে পরিবর্তিত হয় ?

(b) কো-অর্ডিনেট বণ্ডের (Coordinate bond) সংজ্ঞা লিখ। একটি উদাহরণ দাও।

(c) পর্যায় সারণীর ত্রুটিগুলি কি কি ?

(d) একটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস—$1s^2\ 2s^3\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2$.

পর্যায় সারণীতে এই মৌলের স্থান কোন্ পর্যায়ে এবং কোন্ শ্রেণীতে ? এই মৌলটি কি ? ইহার যোজ্যতা কত ?

4. *(a) ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি বর্ণনা কর। এই সূত্রগুলিকে একটি সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।

*(b) তাপ বিয়োজন ও তড়িৎ-বিয়োজনের তুলনা কর।

*(c) তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা $CuSO_4$-এর দ্রবণ হইতে 1·00 gm Cu সঞ্চিত হইতে দ্রবণের মধ্যে কতকগুলি ইলেকট্রন অ্যানোডে ধাবিত হয় ?

[Cu=63·5, F=96500 কুলম্ব]

---

* এই প্রশ্ন নূতন পাঠ্যক্রম অনুযায়ী প্রথম খণ্ডে অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে।

Group—B

যে-কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও

5. (a) বক্সাইট আকরিক হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায় ?

(b) কার্বন বিজারণ পদ্ধতির দ্বারা ধাতু নিষ্কাশনের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

(c) লৌহ নিষ্কাশনের সময় মারুত চুল্লীতে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

6. (a) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? উহাদের প্রত্যেকটির একটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর। (যে-কোন তিনটি) ঃ

(i) ব্লীচিং পাউডার, (ii) প্যারিস প্লাস্টার, (iii) ব্লু ভিট্রিয়ল, (iv) সোডিয়াম বাইকার্বনেট।

(b) Galvanisation কি ?

7. (a) সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ (যে-কোন তিনটি) ঃ

(i) প্রায় 400°C-এ উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়ামের উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হইল। উৎপন্ন পদার্থকে জলের সহিত মিশ্রিত করা হইল।

(ii) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে কস্টিক সোডা দ্রবণ ধীরে ধীরে ঢালা হইল।

(iii) অতিরিক্ত পটাশিয়াম সায়ানাইড দ্রবণ ধীরে ধীরে কপার সালফেটের দ্রবণে যোগ করা হইল।

(iv) সদ্য প্রস্তুত চূনের জলে প্রথমে অল্প পরিমাণে ও পরে অধিক পরিমাণে SO_2 গ্যাস চালনা করা হইল।

(b) নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে উহাদের মধ্যে ক্রমবর্ধমান কার্বনের পরিমাণ অনুযায়ী সাজাও ঃ কাস্ট আয়রন, রট আয়রন ও স্টীল।

Group—C

৪নং প্রশ্ন এবং অন্য যে-কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

8. একটি জৈব যৌগের (A) আণবিক সঙ্কেত C_3H_6O। ফিনাইল হাইড্রাজিনের সহিত বিক্রিয়ায় উহা ফিনাইল হাইড্রাজোন গঠন করে এবং আয়োডিন ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম গঠিত হয়। A-কে বিজারিত করিলে একটি অ্যালকোহল (B) উৎপন্ন হয়। B-এর বাষ্পকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া চালনা করিলে যে অলিফিন (C) উৎপন্ন হয় তাহা ওজোন-বিশ্লেষণের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়। A, B ও C যৌগের গঠনসঙ্কেত ও নাম লিখ। তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও।

অথবা, (i) মনে কর পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহল নিরুদিত (dehydration) হইয়া 50% ইথিলিন উৎপন্ন হয় এবং ঐ উৎপাদিত ইথিলিন ব্রোমিন-এর সহিত বিক্রিয়ায় 80% যৌগ উৎপন্ন করে। 0·5 মোল ইথানল হইতে কত ওজনের ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড পাওয়া যাইতে পারে তাহা হিসাব করিয়া দেখাও। (ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্ব=80।)

(ii) এমন একটি এ্যালিফ্যাটিক (Aliphatic) তরল যৌগ সনাক্ত কর যাহা জলে

দ্রবণীয়, Na_2CO_3 হইতে CO_2 মুক্ত করে এবং $KMnO_4$ দ্রবণ ও Tollen বিকারক উভয়কেই বিজারিত করে। উত্তরের কারণসমূহ সমীকরণের সাহায্যে বর্ণনা কর।

9. (a) সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ (যে-কোন পাঁচটি) ঃ

(i) দুইটি প্লাটিনাম তড়িদ্দ্বারের মধ্যে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হইল।

(ii) ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত ফোটান হইল।

(iii) ফরম্যালডিহাইডের সহিত ঘন অ্যামোনিয়ার দ্রবণ মেশান হইল।

(iv) অ্যাসিটামাইডের সহিত সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করা হইল।

(v) অ্যানিলিনের মধ্যে অতিরিক্ত পরিমাণে ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ মেশান হইল।

(vi) বেঞ্জিনের সহিত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া ফোটান হইল।

(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন কিভাবে করা হয় ?

10. (a) পরীক্ষাগারে কিভাবে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। এই গ্যাসকে কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয় ?

(b) নিম্নলিখিত জৈব যৌগ জোড়গুলির স্বতন্ত্রীকরণের জন্য একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। (যে-কোন পাঁচটি) ঃ

(i) ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড। (ii) মিথাইল অ্যামিন ও অ্যানিলিন। (iii) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড। (iv) ডাই-ইথাইল ইথার ও ইথাইল অ্যালকোহল। (v) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন। (vi) ইথাইল অ্যালকোহল ও ফেনল।

11. (a) পরীক্ষাগারে কিরূপে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয় ?

(b) অ্যানিলিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে তৈয়ারী করিবে ?

(i) টলুইন (ii) নাইট্রো-বেনজিন (iii) বেনজোয়িক অ্যাসিড (iv) ফেনল। প্রত্যেক ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় বিকারকদের নাম ও শর্তসহ ধাপগুলি বর্ণনা কর।

12. (a) নীচের বিক্রিয়াগুলিকে A হইতে G জৈব যৌগগুলিকে সনাক্ত কর ঃ

$$\text{(i)}\quad CH_3—CH=CH_2 \xrightarrow{HBr} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{H^+,\, H_2O} C$$

$$\text{(ii)}\quad C_6H_5OH \xrightarrow[\text{পাতন}]{\text{Zn চূর্ণ}} D \xrightarrow[60°C]{\text{ঘন } HNO_3/\text{ঘন } H_2SO_4} E \xrightarrow{Sn/HCl} F$$

$$\xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CHCl_3+KOH} G.$$

(b) যে-কোন দুইটির সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ ঃ

(i) টলুইনের উপর ক্লোরিনের বিক্রিয়া, (ii) উৎর্জ-বিক্রিয়া, (iii) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া।

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষা, ১৯৮৬

CHEMISTRY—Second Paper

ক—বিভাগ : (যে-কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

1. (a) "পরমাণুর কেন্দ্রে স্বল্প পরিসরে উহার সমগ্র ধনাত্মক আধান এবং প্রায় সমস্ত ভর সংহত হইয়া থাকে"—কে, কিভাবে এই সত্য প্রমাণ করেন ?

(b) একটি মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন মহল $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$.

(i) ইহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত ? (ii) পর্যায় সারণীতে ইহার স্থান কোথায় ? (iii) ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 32 হইলে, ইহার কেন্দ্রতে নিউট্রন সংখ্যা কত ?

(c) পরমাণুর ইলেকট্রন কক্ষের s, p, d, উপস্তরের প্রত্যেকটির সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা কত ?

(d) সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ : সমস্থানিক। পরমাণু ক্রমাঙ্ক এবং ভরসংখ্যা।

*2. (a) 'দ্রাব্যতা' ও 'দ্রাব্যতা গুণফলের' পার্থক্য কি ? ক্যাটায়নের সিক্ত পরীক্ষায় গ্রুপ III A-তে NH_4OH-এর সহিত কঠিন NH_4Cl যোগ করা হয় কেন ?

(b) 27·5°C তাপমাত্রায় কোন লবণের দ্রাব্যতা 25, উক্ত তাপমাত্রায় 300 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ লবণ প্রয়োজন ?

(c) 'দ্রাব্যতা-লেখ' কি ? উহার উপযোগিতা বিবৃত কর।

3. (a) পর্যায় সারণীতে মৌলিক পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক ধর্মের পর্যায়ক্রম আলোচনা কর।

(b) তড়িৎযোজী ও সমযোজী যৌগের ধর্মের পার্থক্যগুলি ব্যাখ্যা কর।

(c) মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর ত্রুটিগুলি বিবৃত কর।

অথবা, *(a) 1 ফ্যারাডে বলিতে কি বোঝায় ? ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি বিবৃত কর।

*(b) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়া 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 3 মিনিট 13 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে, প্রমাণ অবস্থায় কত গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে ?

*(c) দেখাও যে একযোজী আয়নের ক্ষেত্রে, আধান $(e)=\frac{F}{N}$,

F = ফ্যারাডে, N = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা।

খ—বিভাগ : (যে-কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

4. (a) এপসম লবণ কি ? ইহা কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

(b) জিঙ্কের প্রধান দুইটি আকরিকের নাম লিখ। ইহার সালফাইড আকরিক হইতে বিশুদ্ধ জিঙ্ক নিষ্কাশন, সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

---

* এই প্রশ্নগুলি নূতন পাঠ্যক্রম অনুযায়ী প্রথম খণ্ডে অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে।

5. (a) ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য কি ?

(b) সোডিয়াম কার্বনেট একটি প্রশম লবণ, কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী—ব্যাখ্যা কর।

(c) লৌহ নিষ্কাশনের সময় মারুৎচুল্লীতে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, তাহার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

(d) মরিচা-পড়া কি ? মরিচা-পড়া কিভাবে রোধ করিবে ?

6. (a) কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ—যখন

(i) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হয়।

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করা হয়।

(iii) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে ক্রমে ক্রমে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ অতিরিক্ত মাত্রায় ঢালা হয়।

(b) "তাপ প্রয়োগ করিয়া সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড হইতে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করা যায় না"— ব্যাখ্যা কর।

অথবা, (a) প্রস্তুত প্রণালী ও ব্যবহার লিখ ঃ

(i) প্লাস্টার অব প্যারিস (ii) ব্লিচিং পাউডার।

(b) টীকা লিখ ঃ থারমিট পদ্ধতি।

গ—বিভাগ ঃ (যে-কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

7. (a) অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(b) দেখাও যে অ্যাসিটিলিনের হাইড্রোজেন অম্লধর্মীয়।

(c) কি ঘটে—যখন মারকিউরিক সালফেট মিশ্রিত উষ্ণ (60°C) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের (20%) দ্রবণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করা হয়।

(d) ইথিলিন হইতে অ্যাসিটিলিন এবং অ্যাসিটিলিন হইতে ইথিলিন—এই রূপান্তর কিভাবে সাধন করিবে ?

(e) অ্যাসিটিলিন একটি অসম্পৃক্ত যৌগ—কিভাবে প্রমাণ করিবে ?

8. (a) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড কি ? পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে কিভাবে ইহা প্রস্তুত করা হয় ?

(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত করিবে ?

(i) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড (ii) অ্যাসিট্যামাইড (iii) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড।

9. (a) I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নাম লিখ ঃ

(i) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>CH.CHO$ (ii) $H_3C-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\underset{\displaystyle C_2H_5}{|}}{C}}}-OH$

(b) গঠন সঙ্কেত লিখ ঃ (i) প্যারানাইট্রো অ্যানিলিন (ii) মিথক্সি মিথেন।

(c) সমীকরণ সহ কি ঘটে বিবৃত কর, যখন—

(i) কস্টিক সোডা ও আয়োডিন সহ অ্যাসিটোন উত্তপ্ত করা হয়।

(ii) অ্যানিলিনকে ক্লোরোফর্ম এবং অ্যালকোহলীয় কস্টিক-পটাশ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।

(iii) ফরম্যালডিহাইড, লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।

(iv) অ্যাসিট্যামাইড, ব্রোমিন ও কস্টিক পটাশ দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।

10. (a) নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলিতে (A), (B) ও (C)-এর নাম ও সঙ্কেত লিখ ঃ

(i) $$C_2H_6O \xrightarrow[170°C]{Conc\ H_2SO_4} (A) \xrightarrow[Zn/H_2O]{O_3}$$

$$(B) \xrightarrow[KMnO_4/H^+]{[O]} (C)$$

(ii) $$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow[AlCl_3]{Anhydrous} (A)$$

$$\xrightarrow[KMnO_4/H^+]{[O]} (B) \xrightarrow[heat]{Soda\text{-}lime} (C)$$

(b) একটি জৈব যৌগ (A)-এর কার্বন 40%, হাইড্রোজেন 6·67% এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 30। (A) ফিনাইল হাইড্রাজোন গঠন করে এবং ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে। (A)-কে NaOH দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে, উহা এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ (B) ও একটি প্রশম জৈব তরল (C) গঠন করে। (A), (B) ও (C)-এর গঠন সঙ্কেত লিখ এবং বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর।

11. (a) রসায়নাগারে অ্যানিলিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? মিথাইল অ্যামিনের সহিত ইহার পার্থক্য কি?

(b) অ্যানিলিন হইতে শুরু করিয়া কিভাবে (i) বেঞ্জিন (ii) ফেনল এবং (iii) ক্লোরোবেঞ্জিন প্রস্তুত করিবে?

Group

(যে-কোন দুইটি প্রশ্নে

1. (*a*) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুসারে প

(*b*) ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে আ
লিখ।

2. (*a*) উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে জ
ব্যাখ্যা দাও এবং জারণ বিজারণ ক্রিয়া যে এ

(*b*) একই মৌলের জারণ সংখ্যা ইহ
পজিটিভ (+), আবার অন্যটিতে নেগেটিভ (
বুঝাইয়া দাও।

(*c*) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে Zi
মুক্ত হয়। কিন্তু জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রব
কারণ কি?

3. (*a*) আয়নিক বন্ধনী কাহাকে বলে
সহিত সমযোজী বন্ধনীর পার্থক্য কোথায়?

(*b*) (*i*) সালফার ও অক্সিজেন পর্যায়
প্রথমটির হাইড্রাইড গ্যাস কিন্তু দ্বিতীয়টির হা

(*ii*) CO_2 অণু পোলার নয় (nonpol
—ইহার কারণ বর্ণনা কর।

4. (*a*) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নি
কোন কোন মৌল তেজস্ক্রিয় অথচ লেডের
নয়—ইহার কারণ কি লিখ।

(*b*) রাদারফোর্ডের পরমাণুতত্ত্ব ও
কোথায়?

Group

(যে-কোন দুইটি প্রশ্নে

5. (*a*) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে
অসুবিধা? ডাউনস্ পদ্ধতিতে এই অসুবিধাগু

(*b*) জিঙ্কের আ
হয় তাহা বর্ণনা

6. (*a*)

(*b*)